

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Miguel Artavia Alvarado, Arq. Carlos Ugalde Hernández, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS
MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
GUSTAVO
ADOLFO ROJAS
MOYA (FIRMA)
Fecha: 2020.09.06
18:50:36 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

MIGUEL
FRANCISCO
ARTAVIA
ALVARADO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
MIGUEL FRANCISCO
ARTAVIA ALVARADO
(FIRMA)
Fecha: 2020.09.07
10:03:21 -06'00'

Ing. Miguel Artavia Alvarado.
Profesor Guía

CARLOS MANUEL
UGALDE
HERNANDEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
CARLOS MANUEL
UGALDE HERNANDEZ
(FIRMA)
Fecha: 2020.09.05
18:59:56 -06'00'

Arq. Carlos Ugalde Hernández.
Profesor Lector

ANA GRETTEL
LEANDRO
HERNANDEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por ANA GRETTEL
LEANDRO HERNANDEZ
(FIRMA)
Fecha: 2020.09.03
17:20:09 -06'00'

Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Observadora

Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A.

Abstract

This work exposes a plan for the implementation of the BIM methodology in the construction processes of the construction company Estructuras S.A. Through an organization chart and forms, the current state of the organizational structure, work processes and technology available in the company was analyzed.

Likewise, good practices and documentation regarding the implementation of the BIM methodology within construction companies were investigated. The above through bibliographic sources as well as through interview with BIM experts.

After analyzing the current state of the company and having both theoretical and practical support for how to implement BIM, the Estructuras S.A. BIM implementation plan was prepared. This plan includes three main axes: organization, processes and technology.

This plan establishes an operational BIM group made up of three collaborators, workflows that include the BIM methodology in its processes and an expansion of the technological equipment and an incorporation of software.

Lastly, the BIM commission that exists in the company and the CEO are trained in the use of the BIM implementation plan through a talk that includes at the end an evaluation of the understanding of the same.

Resumen

Este trabajo propone un plan para la implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos de la empresa constructora Estructuras S.A. A través de un organigrama y a partir de formularios, se analizó el estado actual de la estructura organizacional, los procesos de trabajo y la tecnología disponible en la empresa.

Asimismo, se investigaron las buenas prácticas y documentación en relación con la metodología BIM, en lo interno de las empresas constructoras. Lo anterior se realiza mediante fuentes bibliográficas así como también a través de entrevistas a expertos en el BIM.

Una vez analizado el estado actual de la empresa y tener tanto el sustento teórico como práctico de cómo implementar BIM, se elaboró el plan de implementación BIM Estructuras S.A. el cual contempla tres ejes principales: organización, procesos y tecnología.

Se establece en este plan un grupo operacional BIM compuesto por tres colaboradores, flujos de trabajo que incluyen la metodología BIM en sus procesos, una ampliación del equipamiento tecnológico y una incorporación de softwares.

Por último, se capacita en el uso de la propuesta del plan a la comisión BIM existente en la empresa y la gerencia, esto mediante una charla y una evaluación final del entendimiento de la misma.

Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A.

ANTONY VÁSQUEZ FLORES

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio del 2020

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

Agradecimientos

A toda mi familia. A mis padres, gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que han hecho a través de estos años por darme lo mejor, sin ustedes no hubiera llegado hasta aquí. A mis hermanos, gracias por siempre aconsejarme y nunca negarme favor alguno. A mis sobrinos, por ser la alegría de mis días y el motor para seguir adelante. A mi novia y su familia, gracias por apoyarme incondicionalmente.

A mis amigos del TEC. Gracias por permitirme ser parte de una familia que construimos a través de los años. Gracias por todos los sacrificios que pasamos juntos para lograr lo que soñábamos y seguimos soñando. Gracias por tan buenos momentos cargados de tanta alegría que jamás olvidaré.

A mis profesores del TEC. Gracias por instruirme técnicamente así como también enseñarme a ser mejor persona y apoyarme siempre. A mi profesor guía, gracias por su tiempo y dedicación a este proyecto.

A la empresa Estructuras S.A. y a las personas que permitieron mi llegada a la empresa. Gracias por creer en mi persona, trato cada día dar lo mejor para no defraudarlos. Gracias a todo el personal de esta gran empresa por hacerme parte de ustedes desde el primer día, su apoyo y colaboración hicieron posible este trabajo.

Índice

Índice de figuras	2
Índice de cuadros	3
Resumen ejecutivo	4
Introducción	7
Objetivos	9
Alcances y limitaciones	10
Antecedentes	11
Metodología	12
Resultados	32
Análisis de los resultados	50
Conclusiones	69
Recomendaciones	71
Apéndices	74
Anexos	174

Índice de figuras

1.	Beneficios del BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos constructivos. .	21
2.	Fases del ciclo de vida de un proyecto.	22
3.	Comportamiento del riesgo, incertidumbre y costo de los cambios a través del tiempo en un proyecto de construcción.	23
4.	Curva de MacLeamy.	24
5.	Ecosistema de software BIM.	28
6.	Roles genéricos BIM, por etapas constructivas.	30
7.	Roles genéricos BIM, caso UK.	31
8.	¿De cuál departamento es la iniciativa de la implementación BIM?	33
9.	¿Cuáles son los objetivos a corto plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?	33
10.	¿Cuáles son los objetivos a largo plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?	34
11.	¿Hay un presupuesto designado para la implementación?	34
12.	¿Para qué considera que sirve BIM?	35
13.	Qué grado de conocimiento de la metodología tiene	36
14.	¿En cuál ámbito se capacitó?	36
15.	¿Cuál fue la modalidad de la capacitación?	37
16.	¿Cómo aprendió BIM? Si realizó uno o varios cursos, ¿cuál o cuáles fueron? ¿Cómo calificaría esa experiencia? Opiniones o sugerencias relacionadas con el curso o capacitación	37
17.	¿Le interesa capacitarse en temas relacionados con la correcta implementación de BIM en su labor diaria?	38
18.	¿Si se tuviese que capacitar en algún tema relacionado a BIM como lo preferiría?	38
19.	¿Utiliza algún software?	39
20.	¿Con qué hardware cuenta para trabajar?	40
21.	Diagrama de procesos licitación pública-privada construcción.	41
22.	Diagrama de procesos licitación pública-privada diseño-construcción.	42
23.	Sectores que respondieron a la encuesta.	48
24.	¿A qué atribuye que no utilice BIM en su ejercicio profesional diario?	48
25.	¿En qué aplica BIM?	49
26.	¿Al aplicar BIM cuál software utiliza?	49
27.	Portada del Plan de Implementación.	65
28.	Índice del Plan de Implementación.	66
29.	Resumen de puntuaciones referentes al cuestionario.	67
30.	Preguntas que los integrantes fallaron con mayor frecuencia.	67
31.	Presentación del Plan de Implementación BIM a la empresa Estructuras S.A. .	68
32.	Integrantes de la comisión BIM Estructuras S.A.	68

Índice de cuadros

1.	Análisis de los factores relevantes para la implementación BIM, en una empresa constructora.	62
1.	Análisis de los factores relevantes para la implementación BIM, en una empresa constructora.	63
1.	Análisis de los factores relevantes para la implementación BIM, en una empresa constructora.	64

Resumen ejecutivo

La aplicación de la metodología BIM a nivel nacional surge en función de los nuevos avances tecnológicos que la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés) está experimentando, de la creciente competitividad entre las empresas y de la necesidad de facilitar la gestión de los proyectos. BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, pudiéndose definir este como un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que posibilitan el diseño, la construcción y la operación de una edificación o infraestructura de una manera colaborativa en un espacio virtual. Por un lado, las tecnologías proveen la capacidad de generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, y por el otro, las metodologías, fundamentadas en estándares, posibilitan el compartir la información de manera estructurada entre todos los interesados, fomentándose así el trabajo interdisciplinario y colaborativo. Es evidente como el BIM viene a modificar la tradicional forma de trabajo individual y fraccionado, planteando una metodología de trabajo colaborativo la cual tiene como foco la creación de información concisa en un proyecto y el intercambio fluido de ésta entre todos los interesados a lo largo del ciclo de vida del inmueble. (Planbim, 2019)

El uso más frecuente de la metodología BIM en el sector privado y el lanzamiento de la Estrategia Nacional BIM el 14 de febrero, han marcado un hito para que las empresas del sector AEC que aún no cuentan con la metodología BIM en sus flujos de trabajo empiecen a incorporar dicha metodología en sus procesos. Es por tales motivos que se destaca la importancia de implementar la metodología BIM en los flujos de trabajo de la empresa Estructuras S.A. La correcta implementación de esta metodología en la empresa hará que Estructuras S.A. continúe siendo una empresa competitiva en la industria de la construcción, teniendo la posibilidad de ofertar proyectos en los que se estipule la utilización de la metodología BIM, cumpliendo con los requerimientos de los clientes y además tener la posibilidad de ofertar nuevos productos con el objetivo de aumentar la calidad de las edificaciones.

Este trabajo tuvo como objetivo general el proponer un plan para la implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos de la empresa constructora Estructuras S.A. Como primer objetivo específico se analizó el estado actual de la empresa en cuanto a la estructura organizacional, procesos de trabajo y tecnología disponible. Paralelo a esto y como segundo objetivo específico se investigaron las buenas prácticas y documentación en relación con la metodología BIM, en lo interno de las empresas constructoras. Una vez analizado el estado actual de la empresa y tener tanto el sustento teórico como práctico de cómo implementar BIM, se elaboró y completó el tercer objetivo específico el cual correspondió al plan de implementación BIM Estructuras S.A., este contempla tres ejes principales: organización, procesos y tecnología. Por último, se capacitó en el uso de la propuesta del plan a la comisión BIM existente en la empresa, completando estos integrantes una evaluación al final de la presentación del plan cumpliéndose así el cuarto objetivo específico planteado.

El presente trabajo fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cualitativo, el cual, a través de un organigrama y a partir de formularios de Google, se analizó el estado actual

de la estructura organizacional, los procesos de trabajo y la tecnología disponible en la empresa. Asimismo, paralelamente se investigaron las buenas prácticas y documentación en relación con la metodología BIM mediante fuentes bibliográficas así como también a través de entrevistas a expertos en el BIM. Por último, se realizó la capacitación mediante una presentación y se obtuvo así una evaluación final de la misma a través de un cuestionario aplicado mediante la plataforma de formularios de Google.

Se establece en este plan un grupo operacional BIM compuesto por tres colaboradores, sin embargo, se acuerda con la comisión BIM iniciar esta implementación con dos personas, el Director BIM y el Modelador BIM, adquiriéndose las funciones del Coordinador BIM por parte de estos dos colaboradores. Dicho grupo operacional posee descripciones y funciones además de competencias las cuales deberán ser cumplidas a cabalidad para que la implementación sea llevada a cabo de la mejor manera posible. Además, de acuerdo a la demanda de trabajo se considerará la contratación de más personal.

Los flujos de trabajo que se incluyen en el plan incorporan la metodología BIM en sus procesos, estos flujos de trabajo se dividieron en licitación pública-privada diseño-construcción y licitación pública-privada construcción. Lo anterior debido a la diferencia que existe entre estos dos tipos de licitación, es evidente como la implementación del BIM será facilitada en las licitaciones que incluyen el diseño, ya que dirigir los proyectos desde un inicio le permitirá a la empresa constructora el definir las reglas del juego mediante un debido Plan de Ejecución BIM. La implementación del BIM en licitaciones que solamente contemplan la construcción será más costosa pero no imposible.

Con respecto a la ampliación del equipamiento tecnológico y la incorporación de softwares, se realiza una propuesta de compra de un equipo portátil valorado en \$2700. Además, con respecto a la incorporación de software, se propone para el modelado el software Revit, para la validación y control BIM el programa Navisworks y para la colaboración la plataforma BIM360. El software Dalux BIM viewer será utilizado para la visualización de modelos en dispositivos móviles como iPads debido a una limitación de rendimiento que posee la plataforma BIM360, el costo de esta última herramienta es gratuita si se posee internet en el dispositivo, sin embargo, adquiere un costo en caso de requerirse su uso sin conexión por lo que su costo y forma de uso serán definidos de acuerdo al proyecto que se esté desarrollando.

Además en este plan, se analizan las características del acceso al entorno común de datos (CDE, por sus siglas en inglés), el cual sigue el formato de organización de archivos establecido en la norma ISO19650 referentes a BIM. Se propone una estructura de carpetas con sus respectivos nombres orientada únicamente en lo que se refiere a planos y modelos de la información, teniendo dicha estructuración de carpetas una restricción de acceso según un robusto nivel de permisos.

Por último, se efectúa un plan de capacitación para el personal el cual incluye a los ingenieros residentes y directores de la empresa, así como a los maestros de obras y miembros del equipo operacional BIM. Posterior a la realización de dicho plan de capacitación se determinan cuáles son los recursos económicos para la implementación, esta implementación BIM tiene un valor inicial de \$7828.72, puede destacar que después de esta inversión inicial el gasto será de \$4540 esto contempla únicamente los licenciamientos de los diferentes software a utilizar.

La realización de este proyecto permite constatar que la empresa constructora Estructuras

S.A. de acuerdo con sus fortalezas y oportunidades se encuentra preparada para implementar la metodología BIM al interior de su empresa, sin embargo, esta deberá de atacar las debilidades y amenazas que posee. Además, de acuerdo con las experiencias y lecciones aprendidas que ha dejado utilizar la metodología BIM en la empresa y con base en la investigación realizada, debe definirse correctamente el alcance de los modelos BIM para los distintos proyectos, esto desembocará en que los entregables correspondan a productos esperados; estos generan a las construcciones.

El Plan de Implementación BIM que se desarrolla en este proyecto de graduación es efectuado a la medida para la empresa constructora Estructuras S.A. Dicho plan posee información teórico-práctica capaz de guiar a esta organización a una correcta adopción de BIM. El éxito de dicha implementación BIM radicará en la formación de su organización. El factor tecnología, si bien es costoso, no es el de mayor peso ya que los equipos en conjunto con sus herramientas, necesitan impetuosamente que los colaboradores hagan uso correcto de estos comprendiendo los flujos de trabajo en BIM lo cual generará entregables de alta calidad que proveerán valor a los proyectos de construcción.

Introducción

La construcción se distingue como una industria compleja, se identifica en esta una serie de elementos que tienen características únicas, entre estos se encuentran: el diseño, las instalaciones provisionales, la cadena de abastecimiento y la mano de obra. Además de dichos elementos, existen otras particularidades que caracterizan el desempeño de la industria, como por ejemplo, la creciente intensidad de la competencia y el aumento de las exigencias de los clientes. Para afrontar estos desafíos es importante que el sector construcción implemente nuevos avances a nivel tecnológico que faciliten la gestión de los proyectos. (Serpell, 2012)

Asimismo, al comparar la industria de la construcción con otros sectores es fácil denotar como la construcción se encuentra entre los sectores menos digitalizados del mundo con un estancamiento en la productividad, esto se traduce en un aumento de costos, de riesgos y de desperdicio a lo largo de los ciclos de vida del proyecto. Es por lo anterior que es importante que se promueva una innovación tecnológica en la industria. (Arreola, 2018)

Es así como surge la metodología del Modelado de la Información de la Construcción o BIM (por sus siglas en inglés). BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, pudiéndose definir este como un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que posibilitan el diseño, la construcción y la operación de una edificación o infraestructura de una manera colaborativa en un espacio virtual. Por un lado, las tecnologías proveen la capacidad de generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, y por el otro, las metodologías, fundamentadas en estándares, posibilitan el compartir la información de manera estructurada entre todos los interesados, fomentándose así el trabajo interdisciplinario y colaborativo. (Planbim, 2019)

Este trabajo responde a la práctica profesional dirigida, realizada en la empresa Estructuras S.A. Esta organización ha contribuido con el desarrollo de Costa Rica desde 1972. Entre los diversos entes que se dedican a la construcción, hoy día esta empresa es una de las cinco entidades más grandes e importantes del país. Dentro de sus obras más representativas se localizan edificios públicos tales como bancos, centros de estudio, hospitales, etc.; así como obra privada destacándose centros comerciales, urbanizaciones y demás.

Actualmente, la empresa cuenta con tecnología de punta y han llevado a cabo ciertos usos BIM los cuales son métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación para alcanzar uno o más objetivos específicos, dentro de estos usos BIM se encuentran el modelado de especialidades (Arquitectónico, Estructural, Mecánico, Eléctrico y Plomería), la coordinación 3D, la modelación as-built y las estimaciones de cantidades. (Planbim, 2019)

Ante dicha aplicación se han presentado una serie de deficiencias entre las cuales se destacan la inexistencia de roles BIM en la empresa, además de problemas referentes al tema de la colaboración, la cual se ha visto desfavorecida debido a que no se tienen flujos de trabajo establecidos que involucren entre sus procesos la metodología BIM.

Este proyecto propone un plan para la implementación de la metodología BIM en los procesos de la empresa constructora Estructuras S.A. basado en tres ejes: organización, procesos y tecnología. Los objetivos planteados buscan primero el analizar el estado actual de la empresa,

e investigar acerca de las buenas prácticas y documentación en cuanto a la implementación de la metodología BIM en empresas constructoras según los requerimientos de la organización y a partir de lo anterior diseñar la propuesta de implementación BIM y evaluar el entendimiento de los colaboradores con respecto a esta.

El presente trabajo fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cualitativo, este se basa en técnicas de recolección de datos como lo son la realización y aplicación de formularios, la entrevista, la observación y la revisión documental. Se espera que a partir de esta investigación, la empresa pueda implementar flujos de trabajo colaborativos, con la caracterización de nuevos roles y con la incorporación de nuevos softwares y ampliación de hardware, además; se espera que la empresa contemple ciertas recomendaciones para un futuro en el que el BIM será obligatorio a nivel nacional.

Objetivos

Objetivo general

Proponer un plan para la implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos de la empresa constructora Estructuras S.A.

Objetivos específicos

- Analizar el estado actual en cuanto a la estructura organizacional, procesos de trabajo y tecnología disponible en la empresa.
- Investigar las buenas prácticas y documentación en cuanto a la implementación de la metodología BIM en empresas constructoras según los requerimientos de la organización.
- Diseñar la propuesta de implantación BIM en la empresa.
- Capacitar en el uso de la propuesta al personal de la empresa asignado.

Alcances y limitaciones

A continuación se expone el alcance y las limitaciones para la ejecución del proyecto "Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A.". La realización de este plan está enfocado en tres ejes principales: organización, procesos y tecnología.

En lo que refiere a la organización, se plantea un equipo de liderazgo BIM, conformado por el Director BIM, el modelador BIM y el coordinador BIM, queda pendiente la designación del mismo en la empresa. Asimismo, se plantea un plan de capacitación para este equipo y ciertos colaboradores, el cual será ejecutado posterior a la presentación de este proyecto. Un punto destacable es que el departamento de presupuestos no fue tomado en cuenta en el análisis de la implementación BIM realizado en este proyecto.

En lo que respecta a los procesos, para la realización de estos primero se elabora un diagrama de flujo que describe los procesos tradicionales que se realizan en la empresa, se tiene como limitante que estos están escasamente documentados (en su mayoría han sido transmitidos en forma verbal a los colaboradores). Estos flujos realizados incluyen la metodología BIM en sus procesos, sin embargo, no todos los procesos que se realizan en la empresa fueron seleccionados para incluir en estos la metodología BIM. Además, la realización de estos flujos no viene acompañada de protocolos, quedando estos para etapas posteriores.

Por último, con respecto a la tecnología se analiza la incorporación de software en la empresa además de la ampliación del equipamiento tecnológico. En lo que refiere al tema de software, se analizan los de modelado, validación y control BIM y colaboración BIM. Por limitaciones de tiempo, no se incluye el análisis de software referentes a la administración de activos mediante BIM, lo anterior por limitaciones de tiempo.

Antecedentes

La aplicación de la metodología BIM a nivel de empresas constructoras surge en función de los nuevos avances tecnológicos que la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés) está experimentando a nivel nacional y de la necesidad de facilitar la gestión de los proyectos (Serpell, 2012), además, la creciente intensidad de la competencia y el aumento de las exigencias de los clientes hace que la construcción implemente nuevas metodologías para enfrentar estos desafíos.

Ante lo anterior, empresas constructoras como Bilco y Edificar en un pasado crearon sus departamentos de construcción virtual, los cuales hoy por hoy son departamentos maduros, robustos y le aportan gran valor a los distintos proyectos de construcción que se realizan en estas empresas a través de la metodología BIM. Por otra parte, en respuesta a esto empresas como Proycon, Edica, Volio y Trejos, Meco, etc. han tenido que alinearse a las exigencias de los clientes implementando la metodología BIM en sus proyectos y descubriendo sus beneficios.

Asimismo, a nivel de consultoría se han creado empresas para brindar apoyo en los proyectos BIM entre las cuales se encuentran BIM Construction, Icor, Blue AEC Studio, Phoenix Consultores BIM, Paragon BIM Consulting, etc. Además, la academia no se ha quedado atrás y actualmente se encuentra una variada oferta a nivel privado y público, organizaciones como el Instituto Nacional de Aprendizaje, Tecnológico de Costa y Universidad de Costa Rica poseen diversos cursos libres que refieren a la metodología BIM, por otra parte, a nivel privado la Universidad Creativa a través de su academia BIM+ ha realizado esfuerzos importantes en cuanto a la capacitación, formación y certificación sobre BIM teniendo en este momento un convenio con Cedes Don Bosco creando el primer técnico superior en modelado de la información para la construcción BIM en Costa Rica.

El uso más frecuente de la metodología BIM en el sector privado y el lanzamiento de la Estrategia Nacional BIM el 14 de febrero han marcado un hito para que las empresas del sector de la Construcción, Ingeniería y Arquitectura (AEC, por sus siglas en inglés) que aún no cuentan con la metodología BIM en sus flujos de trabajo empiecen a incorporar dicha metodología en sus procesos. La Estrategia Nacional BIM Costa Rica, a través del MIDEPLAN y con el apoyo del Ministerio de la Presidencia por medio de la oficina de la Primera Dama proponen realizar la implementación para la utilización y requerimiento del BIM entre el periodo del 2020 y 2024 como fase inicial.

Metodología

De acuerdo con lo establecido por Balestrini (2006) el marco metodológico se refiere al momento que alude al conjunto de procedimientos lógicos, tecno-operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados. En otras palabras, es la estructura sistemática para la recolección, ordenamiento y análisis de la información, permitiendo así la interpretación de los resultados en función del problema que se investiga.

Enfoque de la investigación

El presente trabajo fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cualitativo, puesto que es este el enfoque que mejor se adaptó a las características y necesidades de la investigación.

Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. A menudo, esta característica sirve para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, teniendo la posibilidad de perfeccionar estas y responderlas. En este tipo de enfoque también, la acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien circular en que la secuencia no es siempre la misma, ya que varía dependiendo de cada estudio. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

De acuerdo con estos mismos autores, aunque en este tipo de enfoque hay una revisión inicial de literatura, esta puede complementarse en cualquier etapa de la investigación, debe destacarse en la investigación cualitativa que en ocasiones sea necesario regresar a etapas previas. Además, otra de las características es que la inmersión inicial en campo significa sensibilizarse con el ambiente en el cuál se desarrollará el estudio, identificando así a los informantes que aporten datos y guíen en el adentrado y compenetrado de la situación de investigación, verificando así también la factibilidad del estudio.

Diseño de la investigación

El objetivo de este proyecto fue el proponer un plan para la implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos de la empresa constructora Estructuras S.A., por lo tanto se recurrió a un diseño investigación-acción que se aplicó de manera transversal.

La finalidad de la investigación-acción es comprender y resolver problemáticas específicas de una colectividad vinculadas a un ambiente (grupo, programa, organización o comunidad). Asimismo, se centra en aportar información que guíe la toma de decisiones para proyectos,

procesos y reformas estructurales. Además, los diseños de investigación transversales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Población

La población se define como el conjunto de todos los elementos que se encuentran en estudio, acerca de los cuales se intentan sacar conclusiones. (Levin y Rubin, 2004). La población de estudio estuvo conformada por los colaboradores que laboran en la empresa Estructuras S.A., además de expertos en la metodología BIM.

Muestra y muestreo

La muestra es definida por Fortin (1999) como un subconjunto de una población o grupo de sujetos que forma parte de una misma población.

Debido al enfoque cualitativo de este trabajo se utilizó el método de muestreo no probabilístico, se emplearon dos tipos de muestras, las muestras de expertos fue necesario tomar en cuenta su opinión sobre el tema; y la muestras homogéneas poseyendo las unidades seleccionadas un mismo perfil o características, el propósito consiste en centrarse en el tema por investigar y resaltar situaciones y procesos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Técnicas de recolección de datos

Falcon y Herrera (2005) se refieren a la técnica de recolección de datos como el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (...) la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos.

La técnica de recolección de datos que se utilizó en este trabajo de investigación fue la entrevista y el diagnóstico. Para García et al. (2016) un diagnóstico es un procedimiento ordenado y sistemático, para conocer y para establecer de manera clara una circunstancia, a partir de observaciones y datos concretos. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) una entrevista se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado). Además de las dos técnicas mencionadas anteriormente se realizó un análisis documental de diversas fuentes bibliográficas.

Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección corresponde a algún recurso mediante el cual un investigador puede valerse para acercarse a los fenómenos y extraer información de ellos. (Sabino, 1992)

El instrumento utilizado en este proyecto de graduación correspondió a cuestionarios diseñados con preguntas cerradas tanto en el editor de texto Word para las entrevistas como en la plataforma Google Forms para el diagnóstico. Además de fuentes bibliográficas que tuvieran en su foco la implementación BIM en una organización.

Técnicas de procesamiento de datos

La técnica que se utilizó en el procesamiento de los datos será la estadística descriptiva que consiste en un conjunto de procedimientos que tienen por objeto presentar masas de datos por medio de tablas, gráficos y/o medidas de resumen. (Universidad de Chile, 2008)

Herramientas para el procesamiento de datos

Una herramienta es un medio físico que permite registrar o medir la información. (Tamayo, 2003)

Para llevar a cabo la tabulación de los datos que se obtuvieron mediante los cuestionarios se utilizó la plataforma Google Forms. Además, a través del editor de texto Overleaf se realizó una transcripción de las encuestas realizadas a los expertos, así como también una redacción de los elementos importantes encontrados en las fuentes bibliográficas consultadas.

MARCO TEÓRICO

Panorama que afronta el sector construcción y definición del BIM

La empresa constructora Estructuras S.A. es una empresa familiar la cual, desde el año 1972, ha venido contribuyendo con el desarrollo de Costa Rica. A través de este tiempo ha afrontado ciertos retos que la han hecho crecer.

Con el paso de los años y el aumento de la población, se ha vuelto imperiosa la necesidad de desarrollar más infraestructura y construirla con más eficiencia. Es a través de la construcción que la infraestructura puede ser implementada y generar en este sector millones de empleos, oportunidades e igualdad tanto en lugares desarrollados como no desarrollados, situación que estimula la economía. (Arreola, 2018)

Según este mismo autor y de acuerdo con el índice de digitalización del Instituto Global McKinsey (MGI, por sus siglas en inglés) la construcción se encuentra entre los sectores menos digitalizados del mundo. Globalmente, el crecimiento de la productividad laboral en la construcción ha promediado solamente un 1 % anual durante las últimas dos décadas, comparado esto con el crecimiento del 2.8 % de la economía mundial y del 3.6 % en el caso del sector manufacturero. (Barbosa y col., 2017)

Es evidente como la construcción no es manufactura - que requiere menos inversión en activo fijo y poca investigación y desarrollo -, esto debido a que cada proyecto constructivo es único y este no se puede producir en serie, sin embargo, esto no es suficiente para obviar el estancamiento en la productividad lo cual se traduce en aumento de costos, de riesgos y de desperdicio a lo largo de los ciclos de vida del proyecto, esto también incluye una pérdida de competitividad. (Arreola, 2018)

La necesidad creciente de estructuras brinda al sector constructivo una oportunidad de redefinirse creando así valor por medio de acciones concertadas. De acuerdo con el Instituto Global McKinsey (MGI, por sus siglas en inglés) la industria de la construcción puede ser capaz de aumentar la productividad hasta un 60 % realizando cambios en siete áreas claves: regulación; procesos de diseño; contratación; compras y gestión de cadenas de suministro; ejecución en sitio; uso de nuevas tecnologías, materiales y automatización avanzada y capacitación del personal. (Mischke y Baveystock, 2017)

El crecimiento de la productividad en el sector construcción mencionado en el párrafo anterior demanda para su éxito de coordinación y un sistema de operación de proyectos integral, ya que se sabe de antemano que la gestión de proyectos en construcción nunca es fácil, sin embargo, se requiere que todos los participantes comprendan su función y se pongan de acuerdo respecto de los indicadores de desempeño clave. (Mischke y Baveystock, 2017)

Ante lo anterior, evidenciándose el estancamiento y las necesidades del sector constructivo es como surge la metodología del Modelado de la Información de la Construcción o BIM (por sus siglas en inglés). BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, pudiéndose

definir este como un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que posibilitan el diseño, la construcción y la operación de una edificación o infraestructura de una manera colaborativa en un espacio virtual. Por un lado, las tecnologías proveen la capacidad de generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, y por el otro, las metodologías, fundamentadas en estándares, posibilitan el compartir la información de manera estructurada entre todos los interesados, fomentándose así el trabajo interdisciplinario y colaborativo. Es evidente como el BIM viene a modificar la tradicional forma de trabajo individual y fraccionado, planteando una metodología de trabajo colaborativo la cual tiene como foco la creación de información concisa en un proyecto y el intercambio fluido de ésta entre todos los interesados a lo largo del ciclo de vida del inmueble. (Planbim, 2019)

Asimismo, el BIM Forum Chile (2017) define el BIM como la representación digital paramétrica del producto de construcción (losas, muros, pilares, equipamiento, puertas, ventanas, etc.) que incluye su geometría e información. Además como una metodología/proceso para desarrollar y utilizar modelos BIM para apoyar decisiones de diseño, construcción y operación durante todo el ciclo de vida de un proyecto, lo que implica una integración y gestión de información provista y usada por diferentes actores del proyecto.

Por esta razón se tratará en el desarrollo de este proyecto solucionar ciertas necesidades que posee la empresa Estructuras S.A. en cuanto a lo relacionado a la metodología BIM para que esta no sufra un estancamiento en su productividad y competitividad en la industria de la construcción, teniendo la posibilidad de ofertar proyectos en los que se estipule la utilización de la metodología BIM, cumpliendo con los requerimientos de los clientes y además tener la posibilidad de ofertar nuevos productos con el objetivo de aumentar la calidad de las edificaciones.

Gestión integral de documentos de construcción

La tarea de administrar toda la información necesaria para diseñar y construir cualquier instalación se consideró un verdadero desafío. Muchas personas creen que una administración de la información más eficiente es un mecanismo primario para que la industria de la construcción incremente su productividad. (Egan, 1998). La palabra documento significa un portador de información que contiene información escrita o dibujada con un propósito particular. La idea central de un documento es por lo general que este puede ser transferido, manejado y almacenado fácilmente como una unidad. (Lownertz, 1998). Una gran parte de los documentos manejados en el mundo empresarial actual están almacenados como archivos individuales y se tratan como unidades por los sistemas operativos y de correo electrónico. (Bjork, 2002)

El método más sofisticado actualmente en uso es la utilización de sistemas de gestión de documentación, donde todos los documentos están almacenados centralmente en servidores en línea y todos los usuarios interactúan con este repositorio central a través de interfaces implementadas utilizando los estándares de navegación web. Los sistemas de gestión electrónica de documentos se centran en facilitar la gestión de los documentos pertinentes a empresas particulares, proyectos y grupos de trabajo en redes informáticas teniendo estas características mejoradas relacionadas con el ciclo de vida y el control de versiones de clases particulares de documentos. (Bjork, 2002)

Según Mena (2006) los objetivos de un sistema de gestión electrónica de documentos implantado deben estar dirigidos a lo siguiente:

- Facilitar el trabajo con los documentos a las personas sabiendo estas qué documentos tienen que guardar, cuándo, cómo y dónde. Cada persona tiene la capacidad de encontrar en poco tiempo los documentos adecuados cuando necesita de estos.
- Favorecer que la información se comparta y se le de un aprovechamiento colectivo, evitando que esta se duplique o se pierda.
- Conservar la memoria de la organización, más allá de los individuos que trabajan en ella y poder darle aprovechamiento al valor de los contenidos en los que queda reflejada la experiencia, evitando empezar de cero sobre aspectos en los que ya se tiene experiencia adquirida.

El Entorno de Datos Compartidos (CDE, por sus siglas en inglés), es una fuente única de información para recopilar, gestionar y difundir documentos y modelos para equipos multidisciplinares, a través de un proceso estandarizado. Este es normalmente atendido por un sistema de gestión de documentos que facilita la transferencia de información entre los participantes del proyecto. (Planbim, 2019). Barco (2018) plantea que actualmente este es uno de los puntos críticos de ineficiencia y de pérdida de información que se produce en el entorno del proyecto. Entre las funcionalidades que debe de tener un Entorno de Datos Compartidos se encuentran el ser un sistema escalable, con control de accesos y seguridad, con creación de procesos, control de requisitos, control de documentos y modelo federado (único). Este mismo autor establece dos niveles de CDE:

- Entornos de datos compartidos simplificados (EDCS): corresponden a almacenamientos en la nube que solo gestionan archivos con un control de accesos básicos
- Entornos de datos compartidos avanzados (EDCA): corresponden a software que además de la gestión de archivos básica disponen de sistemas de revisiones, de visores 3D muy completos, y los más avanzados tienen gestión documental, control de versiones, creación de procesos, etc.

Entorno de Datos Compartidos Simplificados (EDCS)

Estos entornos corresponden a las soluciones más convencionales, accesibles y económicas, permiten guardar cualquier tipo de archivo y compartirlo con otros usuarios para que estos puedan descargarlos y editarlos, trabajando estos de forma sincronizada, mas no colaborativa en un único modelo. Todas las aplicaciones tienen en común:

- Compatibles con los principales sistemas operativos.
- Disponen de cuentas gratuitas hasta cierta capacidad.
- Son accesibles desde navegadores web y dispositivos móviles.

- Permiten compartir archivos y carpetas con otros usuarios que pueden editar en tiempo real, solamente es necesario una invitación por correo electrónico.

Dentro de estos entornos se destacan los siguientes:

- Dropbox.
- Google Drive.
- OneDrive.
- A360.

Entorno de Datos Compartidos Simplificados (EDCS)

Estos entornos son el siguiente nivel en la coordinación de proyectos, ya que estos además del almacenamiento de datos en la nube ofrecen control de revisiones, trazabilidad, accesos, tareas, información complementaria, etc. Se describen algunas de estas soluciones:

- BIM360.
- PlanGrid.
- Fieldwire.
- Revizto.
- Dalux.
- Blubeam.
- Trimble Connect.

Debido a lo anterior, en el desarrollo de este proyecto se propondrá un software mediante el cual la empresa logre gestionar la información que se produce en los distintos proyectos de construcción de los que la empresa forma parte; así se trabaja en una plataforma digital en todos los proyectos.

Estrategia Nacional BIM Costa Rica

En relación con el panorama que afronta el sector construcción, según Claudia Dobles (2020) a nivel nacional el desarrollo de edificaciones e infraestructura se encuentra inmerso en un conjunto de desafíos económicos, sociales y medioambientales complejos, pero también prometedores. Tanto el Gobierno Nacional, gobiernos locales, sector privado y la sociedad se enfrentan a diversos retos como lo son el cambio climático, mayores demandas de atención social, la urbanización y la inmigración, el envejecimiento de las infraestructuras, la necesidad de estimular el crecimiento económico y las limitaciones presupuestarias. Ante lo anterior, un

sector de la construcción innovador, competitivo y en crecimiento puede ser crucial para hacer frente a estos desafíos. (MIDEPLAN, 2020)

El sector de la construcción costarricense reportó para el primer semestre del 2019 un total de 11.221 obras de construcción, con un área de 1.113.261 m², con una inversión superior a los 336.000 millones de colones, generando empleo a más de 158.000 personas durante el 2019. (INEC, 2019). Distintos gobiernos nacionales a nivel mundial han optado por las tecnologías de la información y el trabajo en red, para aspirar a hacer más eficiente la construcción, promoviendo el uso de la metodología BIM. Tiempo atrás el gobierno costarricense ha venido realizando esfuerzos en la coordinación de la implementación nacional de la metodología BIM Costa Rica, asumiendo el MIDEPLAN para este año 2020 el compromiso de ser la institución técnica responsable del proyecto Adopción de la Metodología BIM Costa Rica presentando la Estrategia Nacional BIM. (MIDEPLAN, 2020)

La Estrategia Nacional BIM está conformada por un objetivo general, objetivos específicos, acciones, metas, mapa de ruta y mapa de interesados. Dado que el objetivo de este proyecto es el proponer un plan para la implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos de la empresa constructora Estructuras S.A. resulta de vital importancia el conocer ciertos aspectos relevantes de la estrategia para que el plan esté orientado y apegado a esta. A continuación, se describe la misma.

Objetivo General

Aumentar la productividad y eficiencia del sector de la construcción costarricense, integrando la metodología BIM en todo el ciclo de vida de los proyectos, para generar valor económico, social y ambiental en el país, lo cual permitirá a largo plazo, la integración de otras tecnologías y metodologías de trabajo innovadoras.

Objetivos Específicos

La estrategia contiene seis objetivos específicos los cuales buscan guiar líneas de trabajo, iniciativas y acciones en la búsqueda del logro de los beneficios esperados.

- Comunicar y diseminar los conceptos consensuados y beneficios de la metodología BIM en el sector de la construcción.
- Coordinar los diferentes actos públicos, privados y académicos del sector de la construcción para una implementación ágil de la metodología BIM en Costa Rica.
- Generar los factores habilitantes que facilden el uso de la metodología BIM, en los proyectos de edificaciones e infraestructura en Costa Rica.
- Promover el desarrollo de capacidades asociadas a la metodología BIM, en los distintos actores de los sectores público, académico y privado para una adecuada gestión de los proyectos en la metodología BIM.

- Establecer una línea base y un sistema de monitoreo del nivel de madurez de la metodología BIM, para optimizar el uso de los recursos dedicados a su implementación.
- Posicionar a Costa Rica como país referente en Latinoamérica y el Caribe de la transformación digital de la industria de la construcción.

Beneficios que aporta el BIM a través del ciclo de vida de los proyectos constructivos

La potencialidad de la aplicación y uso del BIM es muy extensa, los beneficios dependen del actor que se encuentra haciendo uso de la metodología y en la etapa en que este se encuentra aplicándola. Es evidente como un arquitecto podrá percibir totalmente otros beneficios de los que percibe un gerente de mantenimiento de edificios, ya que estos persiguen distintos fines y concurren en diferentes etapas. A continuación, de acuerdo con lo establecido por el BIM Forum Chile (2017), se enumeran algunos beneficios.

- Indistintamente del software BIM utilizado, todos poseen como principal característica el administrar eficientemente la información y el mejorar el acceso hacia esta. Es así como los programas mediante su arquitectura permiten un acceso simplificado por medio de una interfaz y herramientas específicas a la información lográndose una mejor gestión de esta, existiendo incluso visualizadores gratuitos que facilitan la comunicación entre las partes. Es importante destacar que la unificación de la información es clave en la metodología BIM.
- El uso de la tecnología y la creación de procesos BIM posibilitan el mejoramiento de la colaboración e interacción de los diferentes interesados de un proyecto. Esto debido a que se establece un entorno común de administración de datos e información estableciéndose en este protocolos comunes entre los usuarios.
- Debido a que el BIM tiene en su concepción el definir una metodología y procesos, el desarrollo de un proyecto constructivo bajo los lineamientos de esta metodología de trabajo repercutirá en un mejor y mayor control de los procesos esto porque las reglas y/o protocolos quedan claros en todos los actores en un inicio conociéndose así también el objetivo común perseguido.
- Un mejoramiento en el acceso a la información y en la colaboración entorno a esta con procesos definidos dan como resultado una mayor productividad, traduciéndose esto en una instancia de diseño por ejemplo en una reducción de tiempos de coordinación entre profesionales ya que se tiene una única fuente de información. Asimismo, desde la perspectiva del software también pueden mencionarse bondades de estos que mejoran la productividad como lo es el cálculo de cuantías automáticas, actualización centralizada de la información, detección de interferencias entre sistemas constructivos, entre otras, lo cuál eficiencia a los actores de un proyecto.

Con el uso de la metodología BIM en los proyectos constructivo ha emergido un acrónimo denominado BIM-BAM-BUM!, propuesto por el arquitecto Patrick MacLeamy. Todo comienza con el Modelado de la Información de la Construcción o BIM (por sus siglas en inglés), los profesionales de las distintas disciplinas que intervienen en un proyecto utilizan el modelado 3D para investigar opciones y probar el rendimiento del edificio desde el principio con el fin de optimizar el diseño del mismo. Posteriormente, el diseño es entregado al contratista que simplifica el proceso de construcción con el Modelado Ensamblado de Edificios o BAM (por sus siglas en inglés), que permite una disminución significativa en los costos de construcción. Una vez completado, BAM se entrega al propietario y se convierte en el Modelo de Operación del Edificio del Propietario o BOOM (por sus siglas en inglés). Esto permite al propietario administrar el edificio y garantizar un rendimiento optimizado de este a lo largo de su ciclo de vida. (Rosenfield, 2012)

En la Figura 1, se evidencian de forma clara y simple los beneficios que establece MacLeamy en las tres fases más importantes del ciclo de vida de los edificios, ya que según el gráfico por \$1 que se utilice en la fase de diseño, se gastan otros \$20 adicionales a este en la etapa constructiva y \$60 más durante el mantenimiento del mismo por alrededor de 50 años. Con lo anterior, se estima que con el uso de esta metodología se pueden reducir los costos hasta en un 30 %. (Quintanilla, 2018)

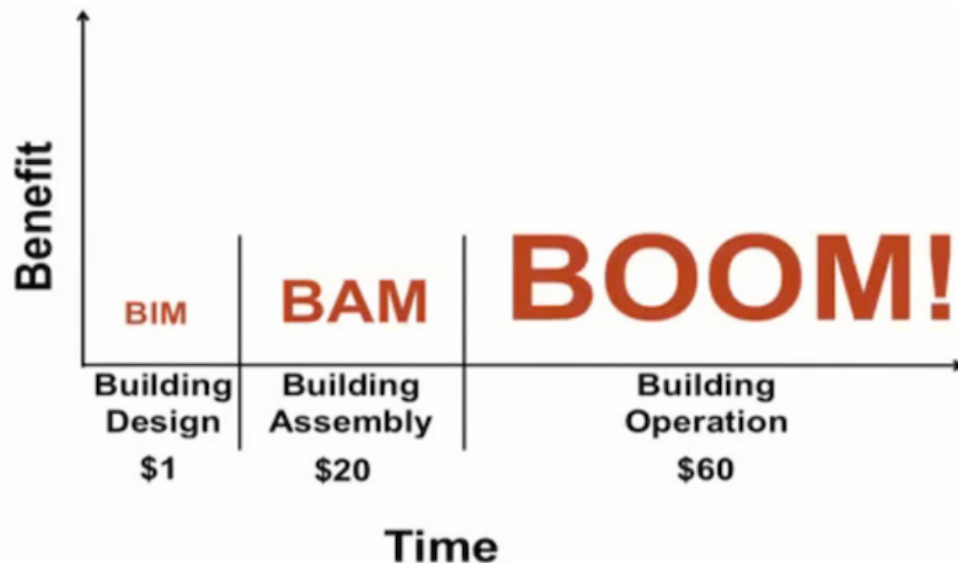


Figura 1. Beneficios del BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos constructivos.
Fuente: (Quintanilla, 2018).

Anteriormente se habló sobre el ciclo de vida de un proyecto, este está compuesto por distintas fases, desde su concepción hasta su demolición o rehabilitación con el objetivo de ampliar su vida útil. Cabe destacar, que estas fases siguen un proceso de manera secuencial y delimitado en el tiempo, pueden ser definidas por puntos de control y su documentación puede desarrollarse bajo una metodología. (Project Management Institute, 2017). En la Figura 2 se puede contemplar un gráfico que contiene las etapas de todo proyecto en general, observándose

como la fase de ejecución de trabajo es la que requiere de mayor dotación del personal y recursos económicos.

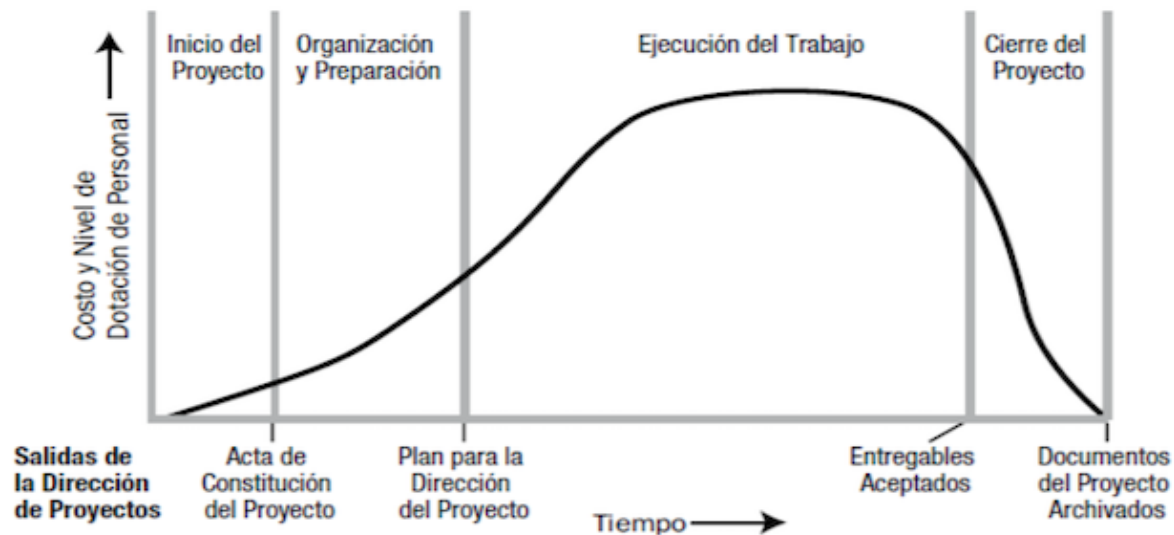


Figura 2. Fases del ciclo de vida de un proyecto.

Fuente: (Project Management Institute, 2017).

A lo largo del ciclo de vida de un proyecto, coexisten riesgos, incertidumbres y cambios que incrementan o disminuyen su grado a través del tiempo. Al inicio de un proyecto los riesgos y la incertidumbre son superiores, conforme se van tomando decisiones durante el ciclo de vida, ambos factores disminuyen. Por otra parte, el costo de los cambios a temprana edad en un proyecto son menos costosos y representan un grado bajo, sin embargo, es conforme se avanza en las etapas de un proyecto que al efectuar cambios y corregir errores se tiende a incrementar el costo de estos cambios. (Project Management Institute, 2017). Lo anterior se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Comportamiento del riesgo, incertidumbre y costo de los cambios a través del tiempo en un proyecto de construcción.

Fuente: (Project Management Institute, 2017).

El uso de la metodología BIM, en la mayoría de ocasiones demanda de un mayor esfuerzo en la fase de diseño de los proyectos viéndose esto retribuido en la posibilidad de realizar ensayos, cálculo de cuantías automáticas, detección de interferencias de sistemas constructivos, simulaciones virtuales y distintos tipos de análisis, lo cual permite una mejor toma de decisiones siendo estas más informadas. Si entre los objetivos se encuentra el uso de la metodología durante todo el ciclo de vida del proyecto, los beneficios que se pueden obtener al momento de generar la planificación de las vías de acceso necesarias para el mantenimiento, en el rastreo y control de los componentes, en remodelaciones y posteriores demoliciones, pueden generar un ahorro final significativo desde el punto de vista de la gestión de activos. (BIM Forum Chile, 2017)

Es bastante conocido en la literatura el gráfico presentado en el 2005 por Patrick MacLeamy en el Instituto Americano de Arquitectos (AIA, por sus siglas en inglés), donde se coloca en evidencia que el alto esfuerzo realizado y la toma de decisiones al inicio de un proyecto genera un gran beneficio en etapas posteriores, tal y como se mencionó en el párrafo anterior. En la Figura 4 se da una comparación del proceso de un proyecto utilizando la metodología BIM y otro usando los métodos tradicionales.

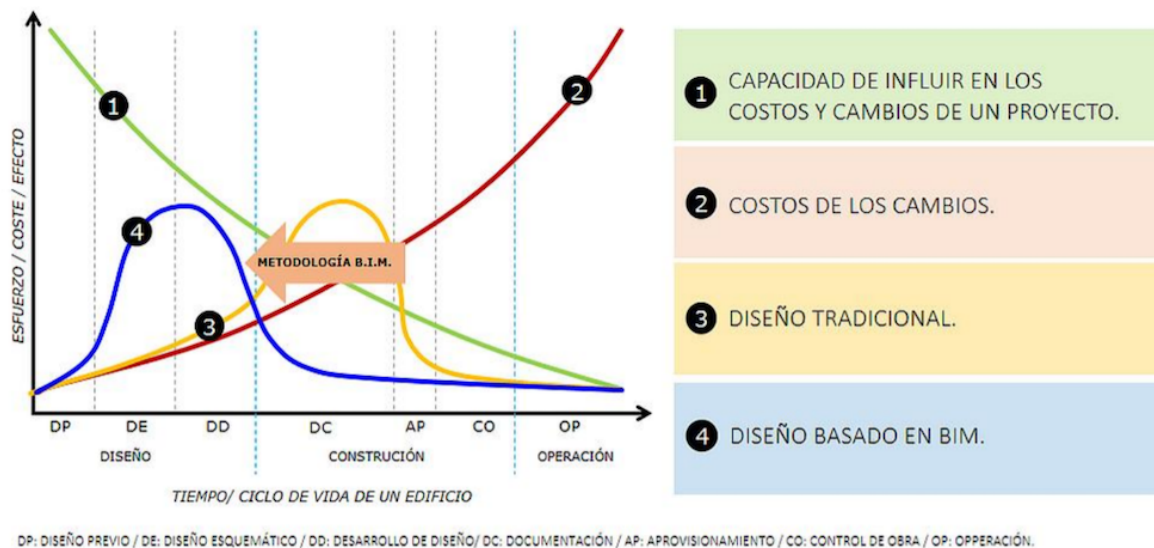


Figura 4. Curva de MacLeamy.
Fuente: (BIM Forum Chile, 2017).

Estos beneficios anteriormente mencionados, ayudarán a responder el porqué la empresa constructora Estructuras S.A. debe implementar en sus procesos la metodología BIM, teniéndose estos beneficios como base.

Factores relevantes para la implementación BIM

Al momento de realizar el análisis documental de diversas fuentes bibliográficas se encuentran una cantidad de documentos que si bien los instrumentos apoyan el uso de BIM, su foco está al interior del proyecto por lo que no ayudan a la empresa a justificar la implementación o definir sus procesos internos de trabajo. Es así como Valle (2014) en su tesis denominada Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria, establece un total de doce factores. A continuación se enumeran cada uno de estos factores, los cuales buscan recoger los aspectos más importantes dentro de la implementación de tecnologías y de la misma manera incorporar aspectos particulares relacionados con el BIM.

1. Existencia de una guía con toda la información necesaria.
2. Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán BIM para el desarrollo de proyectos.
3. Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.
4. Claridad de cómo se realizará el intercambio de información, luego de implementar BIM.

5. Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM.
6. Capacitación de los equipos de trabajo con base en los conceptos BIM.
7. Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores.
8. Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.
9. Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.
10. Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.
11. Existencia de objetivos claros para la implementación.
12. Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación.

Abonado a estos 12 factores, el BIM Forum Chile en su Guía Inicial para implementar BIM en las organizaciones 2017 en el tercer apartado denominado Implementación del BIM define aspectos organizacionales y tecnológicos los cuales necesitan ser tomados en cuenta. A continuación se describen cada uno de estos aspectos.

Aspectos organizacionales

En lo que respecta a los aspectos organizacionales, el marco de implementación que se presenta en este escrito se base en tres estrategias específicas, cada una de las cuales es vital para el funcionamiento de las otras, a continuación se describen cada una de estas estrategias.

Visión de BIM

Para que una implementación BIM sea exitosa se debe de tener una visión concisa y bien articulada entre los líderes ejecutivos, esto en cuanto a los beneficios que la adopción de los procesos BIM aportarán a la empresa en relación a las necesidades que esta posee, además de los elementos principales que tendrá la transformación y la apariencia que está evolución tendrá en las diferentes etapas, se trata de una proyección a futuro de la empresa al utilizar BIM. Cabe destacar que para alcanzar efectivamente los beneficios de BIM en la empresa, se debe posicionar el BIM dentro de los objetivos estratégicos de la organización. A continuación se describen recomendaciones para posicionar una visión de BIM efectiva en la organización:

- Visión acorde con las aspiraciones: la visión debe de unir a los diferentes elementos de la organización, se debe de considerar a las jefaturas, los diferentes procesos y la estructura organizacional.

- Generar capacitación: la capacitación permitirá considerar el real impacto de BIM, el apoyo de un asesor confiable representa un comienzo adecuado.
- Establecer logros decisivos: se recomienda la creación y programación de hitos claros ayudando esto a sobrellevar la incertidumbre inicial ya que a lo que se enfrenta podría parecer una obra de proporciones monumentales. Dichos logros, a corto plazo, generarán energía y potenciarán el esfuerzo el cual se dirige a alcanzar la visión proyectada.
- Definir las cinco cuestiones clave: respuestas sobre quién, qué, dónde, cuándo y por qué ayudarán a que cada parte de la organización conozca los detalles reales que necesita de la visión de BIM.

Liderazgo BIM

La segunda de las estrategias se refiere a la importancia de contar con un equipo de liderazgo BIM. Dicho equipo debe generar metodologías de trabajo en las cuales se refleje la visión BIM, para que estas sean puestas en práctica, se espera que produzcan los resultados deseados y un rendimiento que vaya acorde a los objetivos estratégicos de la organización. Cabe resaltar, como la gestión de cambios duraderos y sostenibles en una organización puede resultar una tarea bastante complicada, a continuación se describen algunas tácticas de gestión de cambios propuestas en esta guía.

- Realizar evaluaciones: el desenvolvimiento de los equipos debe acompañarse de evaluaciones y validaciones de cambios esto mediante el monitoreo de los hitos establecidos.
- Comunicación por parte de jefaturas: el compromiso de la organización con la implementación de BIM puede ser demostrado con un plan de comunicación por parte de los altos jerarcas de la institución, este plan ayuda a inyectar energía en cuanto a la transformación y genera un acortamiento de distancia entre la teoría y la práctica cotidiana.
- Inversión en capacitación: la necesidad de que parte de la organización adquiera nuevas habilidades y formas de trabajar hace que la inversión en capacitación sea necesaria, garantizando que se cuente con las personas correctas en los proyectos correctos.
- Contratos y consideraciones legales: la colaboración que permite el BIM significa un cambio en los procesos tradicionales, el cual se debe de abordar desde el inicio con los involucrados en el proyecto.
- Revisiones de proyecto: estas hacen que se evalúen las medidas iniciales y la efectividad de la tecnología, los estándares y los procesos de BIM en los proyectos. Dichas revisiones podrían identificar errores, mejorar estándares, procesos y/o aplicar mejores prácticas.
- Medición de la madurez de BIM: la determinación de indicadores claves en lo que respecta a la medición del progreso de la organización, es vital que se realice por parte del equipo de liderazgo BIM.

Cambio gradual

La tercera y última estrategia se refiere al establecimiento de un proyecto piloto, contándose con una elección que dependerá del nivel de riesgo admisible y la mano de obra disponible para llevar a cabo el trabajo. Dicha implementación del plan piloto deberá incluir mediciones en todas las etapas claves, a fin de comprender realmente si el BIM se está implementando de la manera correcta y si se están teniendo los impactos proyectados. Todos los beneficios deberán ser documentados para efectos del cálculo del retorno de la inversión.

Es muy probable, que en los inicios de la implementación exista una caída en la productividad, esto debido a la curva de aprendizaje de las personas involucradas en los nuevos flujos de trabajo de la organización. Por otro lado, es recomendable que el equipo del primer proyecto piloto no trabaje en proyectos CAD 2D y proyectos BIM de manera simultánea, esto podría perjudicar el aprendizaje. Si la organización opta por implementar BIM en un proyecto real, lo ideal sería seleccionar un cliente dispuesto a adoptar nuevas tecnologías y que entienda lo que el BIM aportará a su favor.

Ante lo anterior, cabe destacar que la resistencia al cambio es un rasgo común en las organizaciones, como también lo es la necesidad de mejorar la forma en la que se trabaja. Durante todo ese cambio de paradigma se requiere de un respaldo positivo por parte de la administración y el personal pertinente, teniendo expectativas claras desde un inicio, un plan de acción y un personal debidamente capacitado. El comenzar en pequeña escala, el ir obteniendo y desarrollando confianza y el ir aumentando las capacidades y experiencias hará que la transición al BIM se acelere con cada proyecto.

Aspectos tecnológicos

Con respecto a los aspectos tecnológicos en dicha guía se desarrollan dos factores fundamentales, software y hardware; sin embargo, esto no lo es todo. Estos dos factores deberán de complementarse con una adecuada infraestructuras en término de redes, posible necesidad de servidores, evaluación de servicios en la nube, capacitaciones por el nivel de complejidad, tanto para el manejo del software como para el manejo de otros dispositivos tecnológicos, como lo son los escáner, drones u otro tipo de tecnologías, todo esto de acuerdo al enfoque y necesidades de la empresa.

Generalmente, los requerimientos de hardware para el desarrollo de modelos documentados (BIM) es más cercano al rango medio alto, que al definido como requerimiento básico por la mayoría de las casas matrices de software. En lo que se refiere a la elección del software, es vital realizar un análisis de las capacidades de cada aplicación. No obstante, ante lo anterior será el tipo de proyecto y las especialidades que lo conformen lo que definirá los requerimientos tecnológicos a utilizar. A continuación se describen los dos factores fundamentales.

Sistemas de software requeridos

Existe en el mercado una gran cantidad de software los cuales se han ido especializando en diferentes aspectos. A continuación, en la Figura 5 se presenta un ecosistema en el cual se identifican diversos usos y herramientas de software de acuerdo a las diversas necesidades.



Figura 5. Ecosistema de software BIM.

Fuente: (LOD Planner, 2019).

Sistemas de hardware requeridos

Toda implementación BIM trae asociada la inversión en equipos computacionales adecuados y suficientes para tener un trabajo fluido. Cabe destacar que las casas matriz de software presentan en sus páginas web dos tipos de recomendaciones para cada software; requerimientos mínimos y requerimientos recomendados o de alto rendimiento. Las configuraciones básicas permitirán correr el software sin asegurar la fluidez completa, generando esto incertidumbre con respecto a las siguientes versiones de los software, por lo que no es recomendable este tipo de configuraciones.

En lo que respecta a las configuraciones recomendadas, estas permiten una alta fluidez y la compatibilidad en siguientes versiones por al menos un par de años. Este tipo de configuraciones suelen tener exigencias muy altas que impactan en el costo de los equipos, es por esto que es una variable importante a evaluar al momento de la implementación. Por otra parte, se debe contar con una red acorde para un efectivo y fluido trabajo colaborativo. Debido al alto nivel técnico que se puede requerir, siempre es recomendable contar con la asesoría de un especialista en informática y redes, esto con el objetivo de lograr una instalación completa, efectiva y eficiente.

Todos los factores anteriormente mencionados deberán de ser tomados en cuenta en la realización del Plan de Implementación BIM para que este sea llevado a cabo de una manera exitosa.

Participantes de un proyecto BIM

Una implementación exitosa depende en un alto porcentaje del capital humano y su capacidad de trabajar en equipo en entornos complejos y dinámicos, siendo la comunicación y el entendimiento de los flujos de trabajo entre estos de suma importancia. Es evidente como no existe un único tipo de flujo de trabajo ni de colaboradores en el desarrollo de proyectos, estos varían de acuerdo a la escala del proyecto, si pertenece al sector público o privado, de la voluntad de los mandantes, entre otros. Es por tal motivo que los perfiles y estructura organizacional del ámbito BIM pueden variar. (BIM Forum Chile, 2017)

A continuación se presentan seis tipos de perfiles BIM, esto de acuerdo al Proyecto Diagnóstico de Formación de Capital Humano en BIM, estudio realizado por la consultora PMG (2018).

Director BIM

Encargado de liderar el proceso de implementación BIM en las empresas u organizaciones, gestionar con la dirección o gerencia de la empresa y controlar las condiciones habilitantes para que BIM sea correctamente ejecutado.

Gerente de Proyectos BIM

Encargado de la administración e implementación de las herramientas BIM de trabajo para el resto de los modeladores, plantillas, objetos BIM, espacios de trabajo, o criterios de modelamiento, sean bajo un estándar propio, del mandate o Nacional. Responsable de lograr un proyecto coordinado utilizando las herramientas BIM y articular las distintas especialidades.

Revisor BIM

Encargado de revisar y controlar que los modelos y/o proyectos sean diseñados y/o contruidos de acuerdo a las bases técnicas, normativas y plan de ejecución BIM.

Coordinador BIM

Encargado de integrar modelos de distintas especialidades y coordinarlos, detectar interferencias, evaluar posibles soluciones y manejar flujos de información de proyectos.

Modelador BIM

Encargado del modelado de la información en software BIM, es quien vierte los proyectos en el modelo de información, debe poseer manejo de interpretación de planos de arquitectura, estructura y especialidades, así como conocimientos de construcción y manejos avanzados del software seleccionado para hacer las modelaciones y análisis BIM.

Gestor de Operaciones BIM

Encargado de liderar el proceso de operación del proyecto en base al modelo BIM y el mantenimiento de la infraestructura y actualización del modelo a lo largo del tiempo.

Los diferentes roles mencionados no necesariamente pueden participar en la misma etapa de un proyecto, en la Figura 6 se puede observar un diagrama el cual asocia las diferentes etapas de un proyecto constructivo con los roles BIM y sus funciones.

Roles	Etapas Genéricas del Proceso Constructivo			
	Ante Proyecto	Diseño	Construcción	Operación
Modelador BIM		Rol Operativo, producción a nivel de proyectos.		
Coordinador BIM		Rol de Gestión, coordinación técnica de especialidades a nivel de proyecto.		
Gerente Proyectos BIM (BIM Manager)	Rol de Gestión, planificación, integración y optimización de proyectos.			
Director BIM	Rol Estratégico, implantar estrategia BIM en la empresa u organización o Proyecto.			
Gestor Operaciones BIM				Rol de Gestión, operación basada en BIM
Revisor BIM		Rol de Gestión, controlar que el proyecto BIM cumpla lo estipulado en las Bases Técnicas		

Figura 6. Roles genéricos BIM, por etapas constructivas.

Fuente: (PMG, 2018).

Además de estos 6 perfiles definidos anteriormente, en este mismo estudio se describe el caso de Reino Unido en lo que respecta a la división de roles. El protocolo AEC del Reino Unido estableció 3 roles en los proyectos: Modelador, Coordinador y Gestor BIM, identificándose para estos funciones claves (estratégicas, tácticas y de producción) y características centrales las cuales se describen a continuación. (Ver Figura 7)

- **Modelador BIM:** rol de carácter técnico, encargado de realizar el modelado de proyectos con herramientas BIM, la producción de dibujos y la creación de contenidos.
- **Coordinador BIM:** es el encargado de realizar las funciones tácticas asociadas a los proyectos BIM; elaborar el plan de ejecución, la revisión de contenidos, la coordinación del modelo y de los procesos de auditoría sobre estos.
- **BIM Manager:** responsable de gestionar las funciones estratégicas asociadas a BIM en una organización y/o en un proyecto en particular. Este rol se hace cargo de la definición de procesos y flujos de trabajo, fijación de estándares, capacitación del personal y en general de todos los elementos habilitantes requeridos en una empresa u organización para la correcta ejecución de un proyecto BIM.

Tabla 5.3 Roles Genéricos BIM, caso Reino Unido

Rol	Estratégico						Táctico				Producción	
	Objetivos Corporativos	Investigación	Procesos y Flujos de Trabajo	Fijación Estándares	Implementación	Entrenamiento	Plan de Ejecución	Auditoría del Modelo	Coordinación del Modelo	Creación de Contenidos	Modelamiento	Producción de Dibujos
BIM Manager	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N
Coordinador	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	N
Modelador	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S

N= NO S=SI

Figura 7. Roles genéricos BIM, caso UK.
Fuente: (PMG, 2018).

Una de las deficiencias en las empresas constructoras que implementan la metodología BIM en sus procesos es la inexistencia de roles BIM en estas. Debido a que no existen personas encargadas del seguimiento de los modelos y la información que surge a partir de estos se presentan problemas tradicionales. Es por esto que los roles arriba referenciados serán tomados en cuenta en el análisis y propuesta del Plan de Implementación BIM.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados que fueron obtenidos a través del desarrollo de este proyecto de graduación.

Estado actual de la empresa Estructuras S.A.

Uno de los objetivos específicos de este proyecto es analizar el estado actual de la empresa en cuanto a la estructura organizacional, procesos de trabajo y tecnología, es por esto que se realizaron dos formularios, el primero denominado Objetivos BIM el cual fue aplicado a los 3 integrantes de la Comisión BIM y el segundo denominado Conocimientos BIM el cual fue aplicado a 27 colaboradores de la empresa. Asimismo, se realizaron desde cero diagramas de procesos tradicionales ya que estos no se encontraban documentados en la empresa.

Respuestas al formulario Objetivos BIM

Este formulario fue aplicado a cada uno de los 3 integrantes de la Comisión BIM existente en la empresa, esta última fue formada hace un año atrás y está integrada por 3 Ingenieros en Construcción los cuales han propulsado la implementación de BIM en los proyectos que se realizan en la empresa. En esta sección se muestran únicamente las respuestas consolidadas, sin embargo, la totalidad de las respuestas pueden ser observadas en el Apéndice 2. Asimismo, el formulario que se aplicó puede ser observado en el Anexo 1.

Este formulario tiene como objetivo el reconocer el origen de la decisión de implementar BIM, el conocer los objetivos BIM de la empresa y el saber si existen recursos económicos disponibles, a continuación se muestran las siguientes figuras que responden a lo anterior.

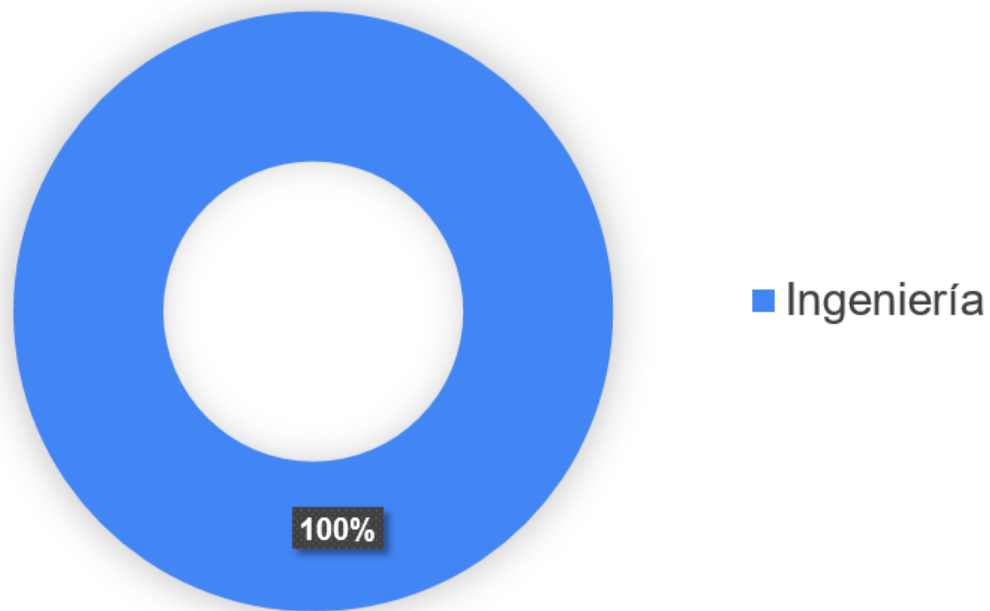


Figura 8. ¿De cuál departamento es la iniciativa de la implementación BIM?
Fuente: autoría propia.

- Implementar herramientas para visualización en campo
 - Mejorar el manejo de versiones de planes del proyecto
 - Disminuir problemas constructivos por choques de sistemas
- Revisar interferencias de disciplinas antes de que se construya
 - Hacer planos de construcción más elaborados y fiables
 - Optimizar los presupuestos
- Mejorar la coordinación entre las diferentes áreas involucradas en el proyecto

Figura 9. ¿Cuáles son los objetivos a corto plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?

Fuente: autoría propia.

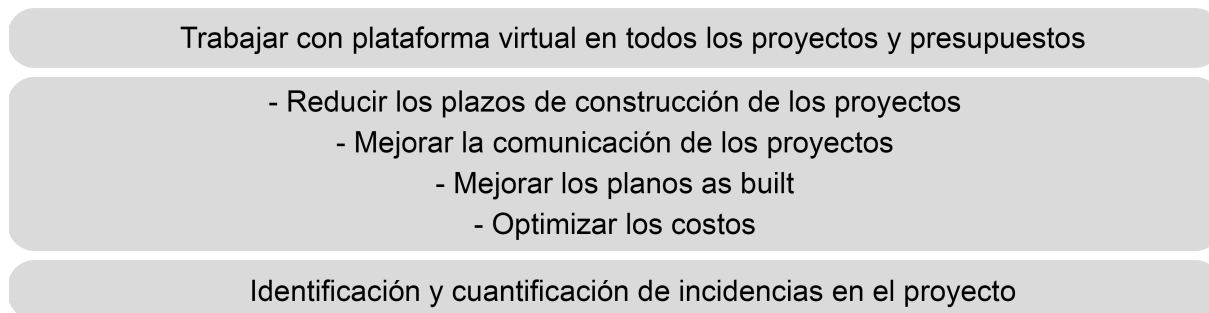


Figura 10. ¿Cuáles son los objetivos a largo plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?

Fuente: autoría propia.

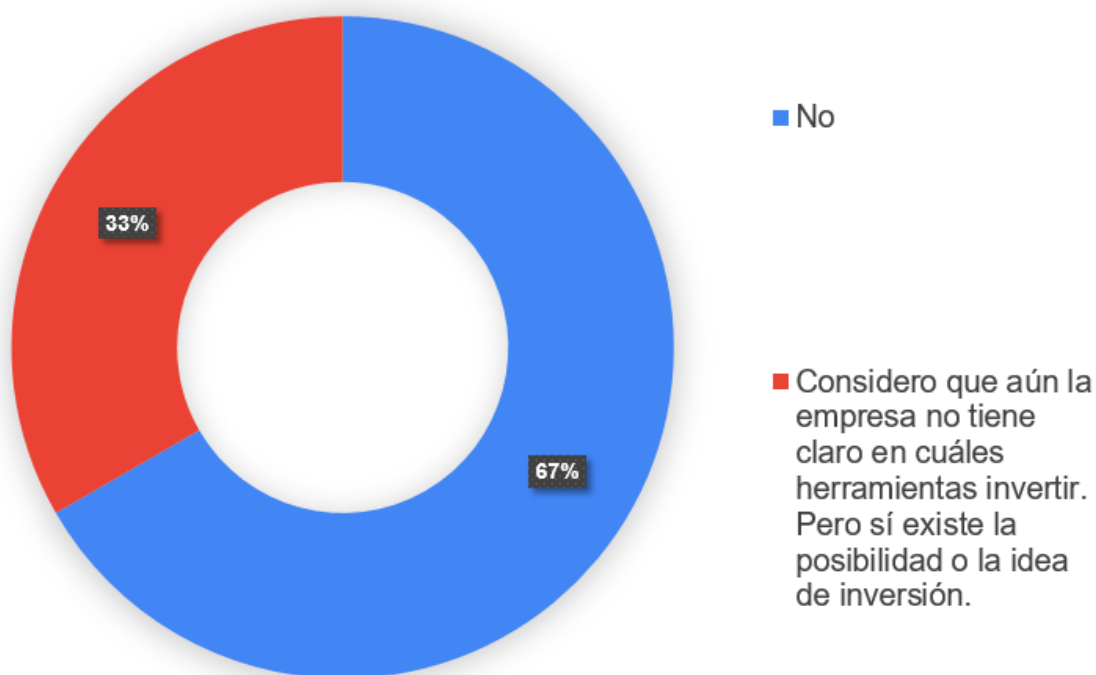


Figura 11. ¿Hay un presupuesto designado para la implementación?

Fuente: autoría propia.

Respuestas al formulario Conocimientos BIM

Con ayuda del organigrama que se muestra en el Anexo 1, en la Figura 1a y en coordinación con la gerencia de la empresa se determinaron las personas a las cuales se les iba a realizar este formulario y se obtuvo como resultado un total de 27 colaboradores. En esta sección se muestran únicamente las respuestas consolidadas, sin embargo, la totalidad de las respuestas pueden ser observadas en el Apéndice 4. Asimismo, el formulario que se aplicó puede ser observado en el Anexo 3.

Este formulario tiene como objetivo recolectar información sobre el conocimiento BIM existente en los equipos y registrar información en lo que respecta al software y hardware que se tiene en la empresa. A continuación se muestran las siguientes figuras que concretizan lo anterior.

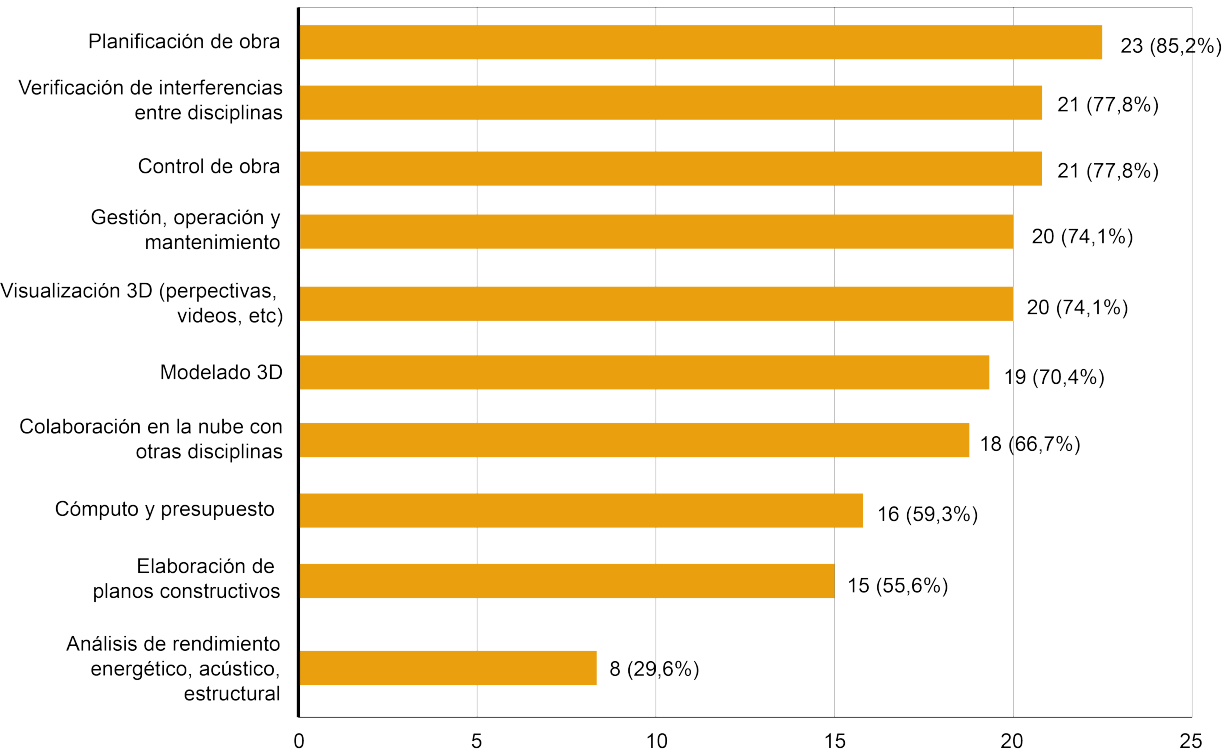


Figura 12. ¿Para qué considera que sirve BIM?
Fuente: autoría propia.

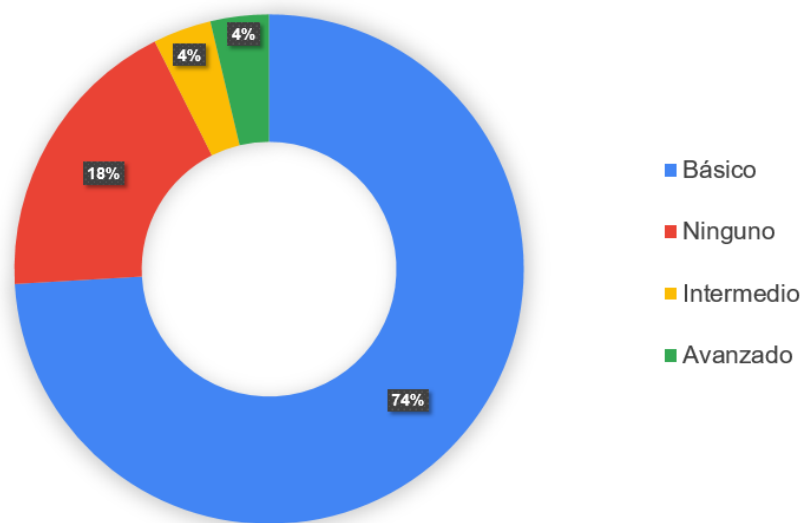


Figura 13. Qué grado de conocimiento de la metodología tiene
Fuente: autoría propia.

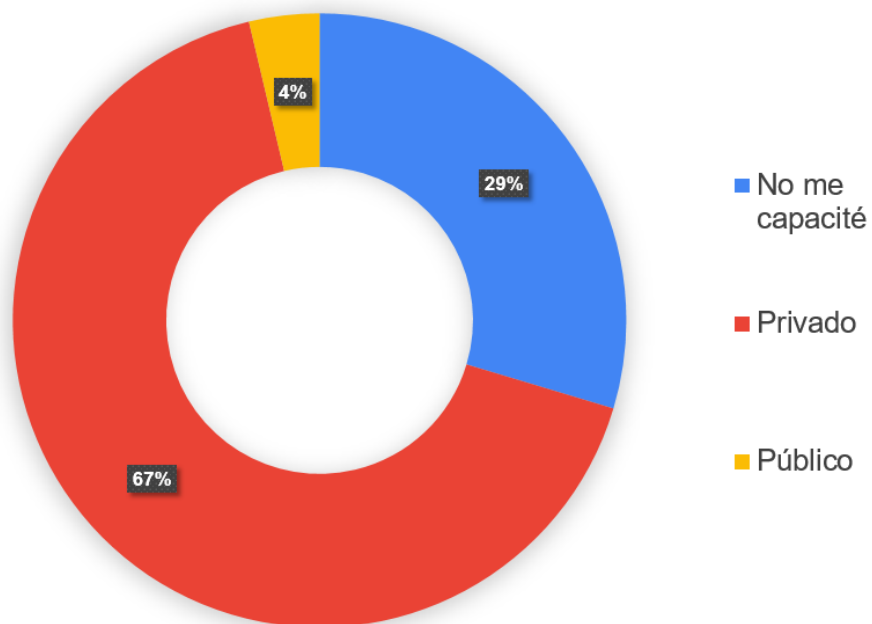


Figura 14. ¿En cuál ámbito se capacitó?
Fuente: autoría propia.

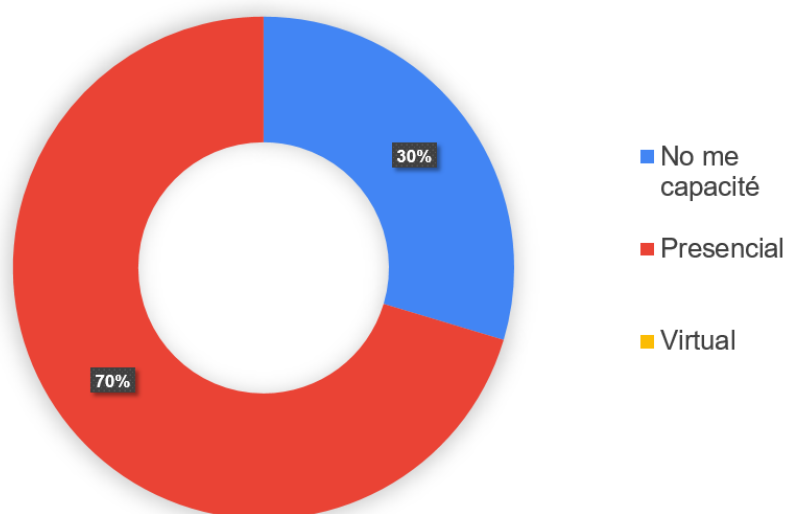


Figura 15. ¿Cuál fue la modalidad de la capacitación?
Fuente: autoría propia.

¿Cómo aprendió BIM?	Si realizó uno o varios cursos, ¿cuál o cuáles fueron?	¿Cómo calificaría esa experiencia?	Opiniones o sugerencias relacionadas con el curso o capacitación
Hice un curso	Análisis BIM para presupuestistas CCC	Regular	El curso que tome no tenía mucho espacio de práctica entonces lo que nos explicaban no quedo tan claro como se esperaba.
Hice un curso	Curso básico de Revit y Navisworks	Buena	-
Hice un curso	Curso básico de Revit y Navisworks	Buena	-
Hice un curso	Revit Arquitectura Nivel (Básico-intermedio) TEC. Certificado Nivel Avanzado U Creativa.	Buena	-
Hice un curso	Curso básico de Revit y Navisworks	Buena	-
Hice un curso	Curso básico Revit. Curso básico Navisworks. Seminarios y congresos BIM.	Buena	-
Hice un curso	Análisis BIM para presupuestistas CCC y Navisworks Básico	Buena	Fue un curso realmente básico, donde nos explicaban como funciona la metodología.
Hice un curso	Curso BIM oficina. Varias conferencias BIM.	Regular	-
Hice un curso	Curso BIM oficina.	Buena	-
Hice un curso	2 conferencias BIM.	Mala	Ha sido muy superficial (es solo mostrar: "hicimos esto y esto y se ve así...").
Hice un curso	Congresos BIM. Curso básico Naviswork. Curso básico Revit. Talleres de implementación BIM.	Buena	Los cursos/ talleres que he llevado, son muy generales. Presentan información básica para conocer el concepto de implementación BIM, así como las ventajas/ beneficios de aplicarlo.
Hice un curso	Curso BIM oficina. Congreso BIM.	Buena	Hay mucho por abordar y es importante seguirse capacitando pues el mercado tiende hacia esto.
Hice un curso	Curso básico Revit. Cursos BIM CCC y oficina.	Buena	Me ha servido para revisar interferencias.

Figura 16. ¿Cómo aprendió BIM? Si realizó uno o varios cursos, ¿cuál o cuáles fueron? ¿Cómo calificaría esa experiencia? Opiniones o sugerencias relacionadas con el curso o capacitación
Fuente: autoría propia.

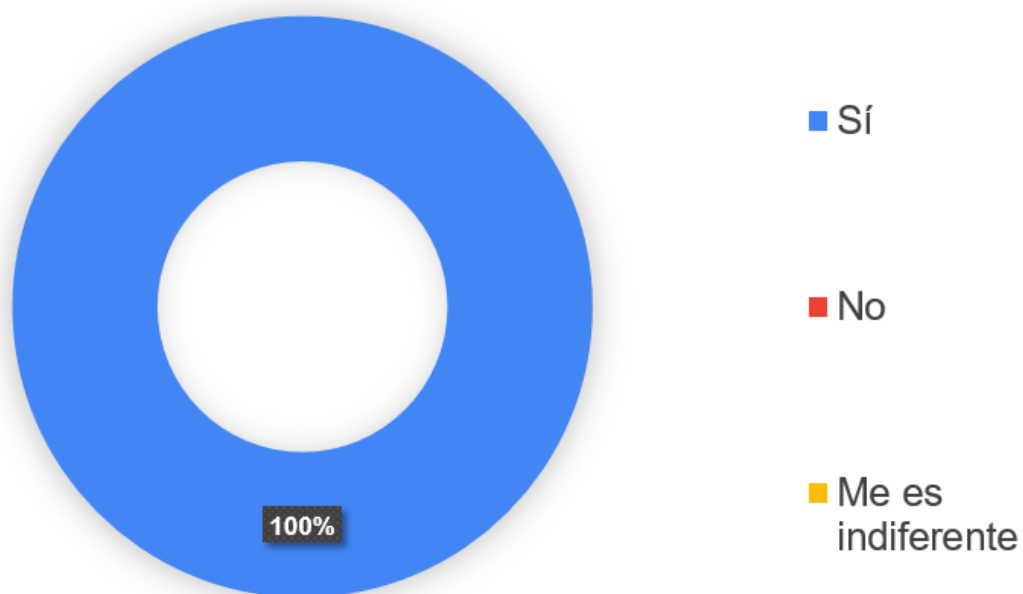


Figura 17. ¿Le interesa capacitarse en temas relacionados con la correcta implementación de BIM en su labor diaria?

Fuente: autoría propia.

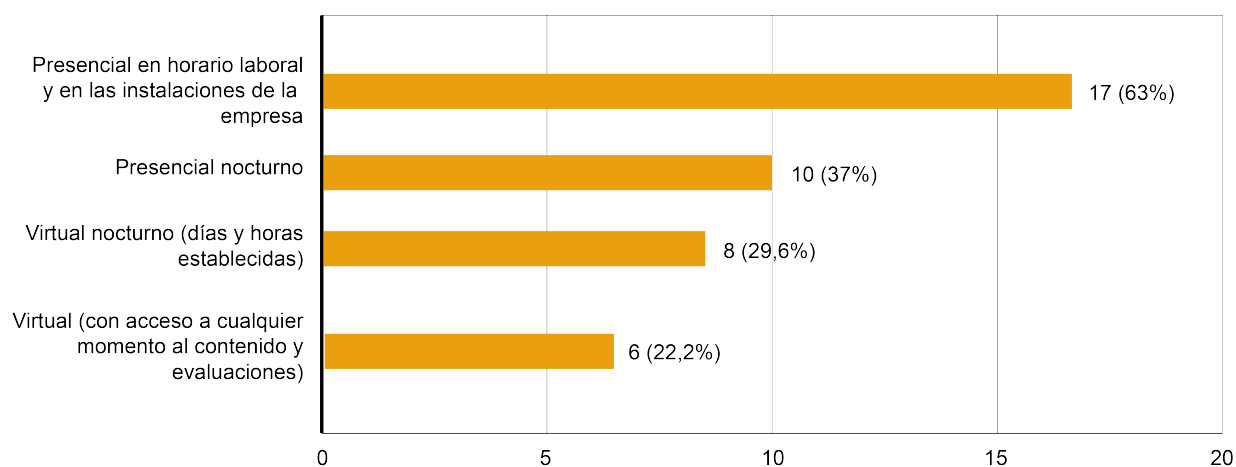


Figura 18. ¿Si se tuviese que capacitar en algún tema relacionado a BIM como lo preferiría?

Fuente: autoría propia.

Cargo	¿Utiliza algún software?
Jefe/a Departamento de Importaciones	OneDrive
Asistente de Ingeniería	Cloud
Asistente de Ingeniería	Revit, Takeoff, AutoCAD, On-Screen Takeoff
Asistente de Ingeniería	Excel
Control de Mano de Obra	O4B
Ingeniera/o Residente	BIM 360
Ingeniera/o Residente	AutoCAD, Office 365, OneDrive, Cloud
Ingeniera/o Residente	On-Screen Takeoff, AutoCAD, Navisworks, BIM360, OneDrive, Dropbox
Ingeniera/o Residente	OneDrive
Ingeniera/o Residente	Navisworks
Ingeniera/o Residente	Revit, Navisworks
Dibujante Modelador/a	Revit, Navisworks, AutoCAD, BIM360, Dalux
Dibujante Modelador/a	AutoCAD, Revit
Director/a de Proyectos	Actualmento no
Director/a de Proyectos	Revit, Navisworks, AutoCAD, BIM360, Dalux
Director/a de Proyectos	Revit, Navisworks, BIM360, OneDrive
Director/a de Proyectos	Revit, Navisworks
Jefa/e Departamento Presupuestos	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	OneDrive, AutoCAD, On-Screen Takeoff, Revit
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	Fieldwire
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Coordinador/a Mantenimiento	Navisworks
Digitador/a	On-Sreen Takeoff
Vicepresidente	BIM360, BIMx

Figura 19. ¿Utiliza algún software?

Fuente: autoría propia.

Cargo	¿Con qué hardware cuenta para trabajar?
Jefe/a Departamento de Importaciones	Computadora portátil, iPad
Asistente de Ingeniería	Computadora portátil, iPad
Asistente de Ingeniería	Computadora portátil, iPad
Asistente de Ingeniería	Computadora de escritorio
Control de Mano de Obra	Computadora portátil
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora de escritorio/ iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Dibujante Modelador/a	Computadora portátil
Dibujante Modelador/a	Computadora portátil
Director/a de Proyectos	Computadora portátil
Director/a de Proyectos	Computadora portátil, iPad
Director/a de Proyectos	Computadora portátil, iPad
Director/a de Proyectos	Computadora portátil, iPad
Jefa/e Departamento Presupuestos	Computadora portátil
Presupuestista	Computadora portátil
Presupuestista	Computadora de escritorio
Presupuestista	Computadora de escritorio
Presupuestista	Computadora de escritorio
Presupuestista	Computadora de escritorio/ iPad
Presupuestista	Computadora de escritorio
Coordinador/a Mantenimiento	Computadora portátil, iPad
Digitador/a	Computadora de escritorio
Vicepresidente	Computadora portátil, iPad

Figura 20. ¿Con qué hardware cuenta para trabajar?

Fuente: autoría propia.

Diagrama de procesos tradicionales

Para evaluar el estado actual de la empresa resulta importante entender los procesos de trabajo tradicionales que tienen lugar en la empresa. A continuación se presentan a nivel general los diagramas de flujo que describen los procesos tradicionales que se realizan en la empresa, estos se dividieron en licitación pública-privada diseño-construcción y licitación pública-privada construcción.

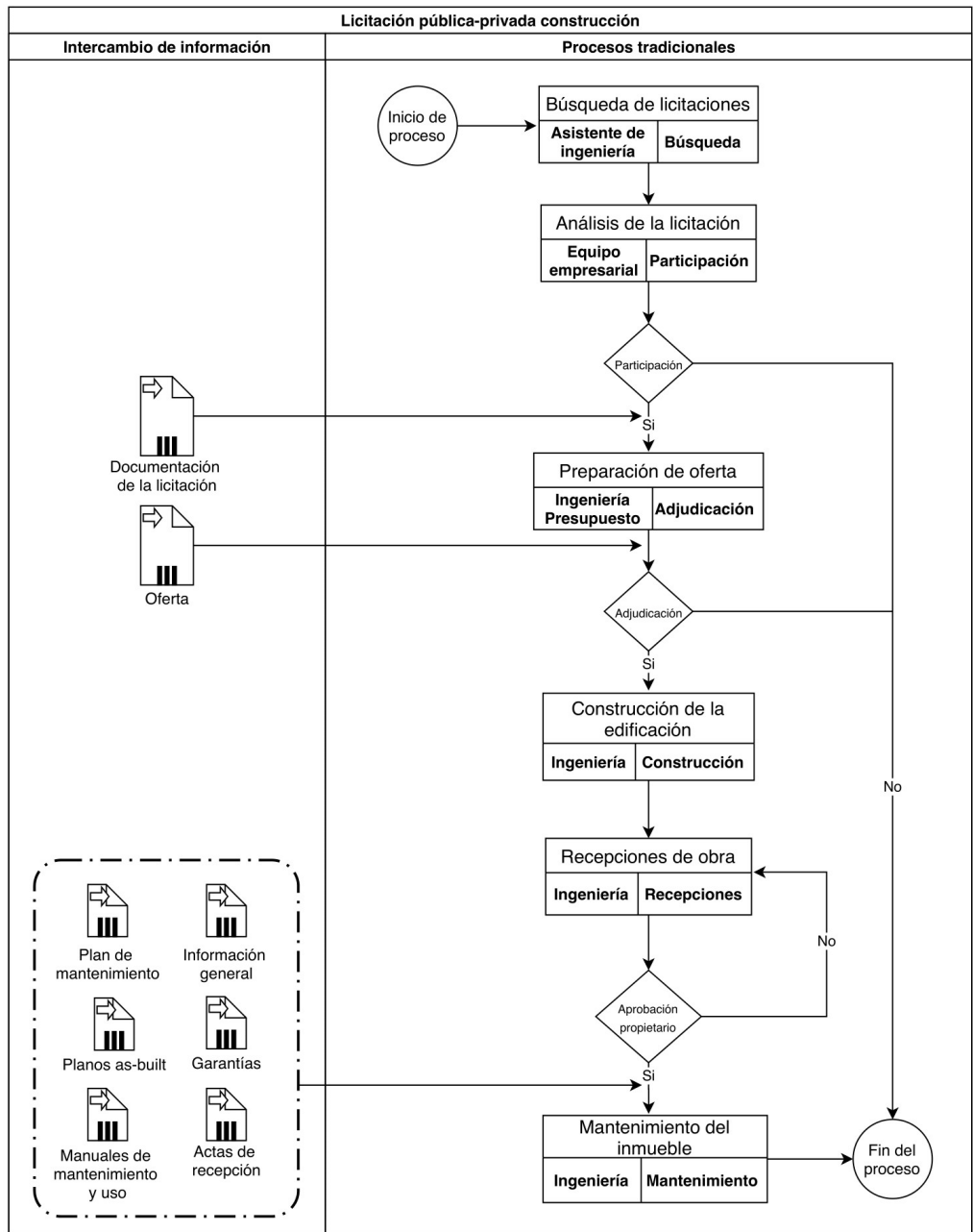


Figura 21. Diagrama de procesos licitación pública-privada construcción.
Fuente: autoría propia.

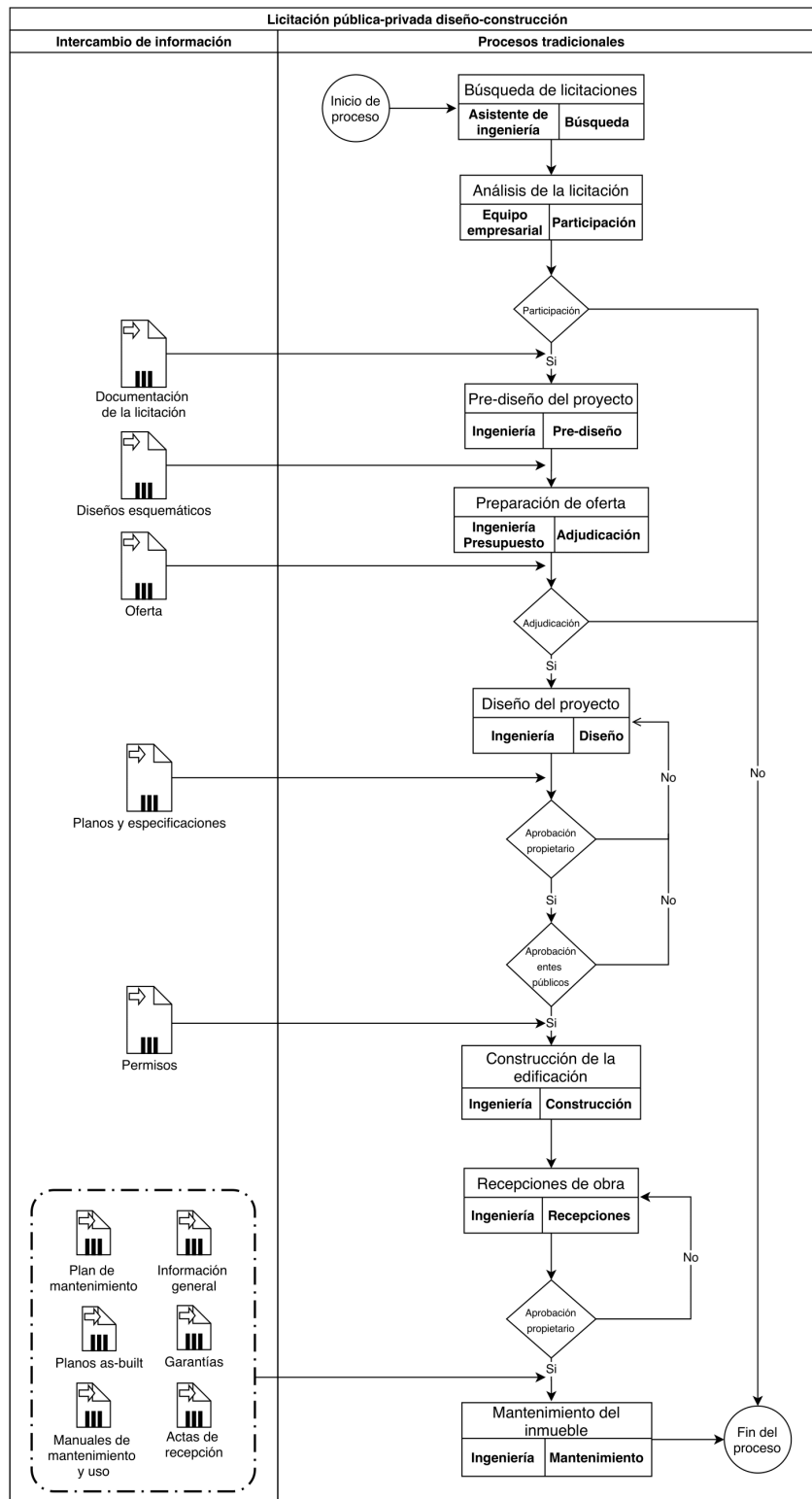


Figura 22. Diagrama de procesos licitación pública-privada diseño-construcción.
Fuente: autoría propia.

Síntesis de entrevistas realizadas a profesionales con experiencia en la metodología BIM

Las entrevistas, las cuales tuvieron como objetivo específico el recopilar buenas prácticas en la implementación de la metodología BIM en empresas constructoras, se realizaron a tres profesionales con bagaje en lo que respecta a la metodología BIM realizándoles a estos 4 preguntas en el mismo orden. A continuación se presentan las respuestas que se obtuvieron pudiéndose escuchar las entrevistas completas en este enlace: <https://bit.ly/JuicioExperto>.

Entrevista #1

Entrevista realizada el 27 de marzo al Ingeniero Civil y BIM Manager Pablo Murillo.

Experiencia

- Certificate of Management-Building Information Modeling (CM-BIM) Associated General Contractors of America.
- Gerente del Departamento de Construcción Virtual Edificar S.A.
- Instructor BIM+ Academia Creativa.

¿Cuáles aspectos considera trascendentales para que una implementación BIM en una empresa constructora sea exitosa?

Primero es necesario designar el BIM Champion para la implementación BIM, esta persona debe ser curiosa en temas de tecnología, pero también debe conocer la cultura, procesos y objetivos de la empresa. La implementación BIM debe tener un enfoque top-down, los directores y los dueños deben estar totalmente convencidos de que la metodología funciona a pesar de que se requiere un cambio y una adaptación.

Debe realizarse un proyecto piloto con las expectativas controladas y con un equipo resiliente que pueda generar anticuerpos, ya que BIM requiere protocolización, estandarización y flujos de trabajo bien detallados porque si no el sistema tiende a fallar y se cae el proyecto piloto.

El BIM es una cuestión de valor, si no se logra justificar la forma en que ese uso o proceso aporta valor no tiene valor no es necesario hacerlo. Otro punto importante es la capacitación y los planes de entrenamiento.

¿Cuáles recomendaciones podría aportar con su conocimiento y experiencia para alcanzar un efectivo trabajo colaborativo en el desarrollo un proyecto?

Establecer flujos de trabajo, definiendo roles y responsabilidades, tareas y tomas de decisión. Elegir la plataforma colaborativa. Protocolizar. Cómo se va a realizar toda la interacción entre las personas que van a colaborar, dónde van a colaborar y bajo qué reglas o estándares van a colaborar. Si falta alguna de estas tres se cae el sistema. Se debe de realizar un estudio y un análisis de las capacidades de los equipos de trabajo, saber con quién estoy trabajando y que

capacidades, experiencia y recursos tiene para lo que se está proponiendo, si esto no se realiza se puede caer el plan, generándose cuellos de botella no saliendo con el tiempo pactado.

¿Cuáles son los retos más significativos que se podría enfrentar una empresa constructora a la hora de implementar la metodología BIM?

Resistencia por la cultura. Idea de lo que hago siempre me ha funcionado. BIM requiere de investigación, no es solamente comprar licencias o capacitarse y que de la noche a la mañana ya se pueda hacer BIM.

¿Qué beneficios aporta la metodología BIM en una organización y en los proyectos? ¿Resultan estos beneficios por encima de la inversión realizada?

Reducir el riesgo, se ingresa a un proyecto que ya está muy analizado y estudiado y se conocen todos los bemoles o por lo menos la mayoría.

Ayuda a la colaboración porque todo el equipo está de alguna forma interconectada a través de un solo modelo, ingenieros en campo y oficina así como los diseñadores trabajan sobre una misma base de datos y se vuelve muy colaborativa a diferencia del método tradicional.

Trazabilidad y transparencia de las decisiones, por medio del BIM una persona puede saber en qué momento pasó qué y quién lo uso.

Se puede optimizar los procesos de construcción con la coordinación 3D, la prefabricación, el diseño de sistemas constructivos, el análisis de sitio, etc. generando todo esto valor agregado a la empresa.

Entrevista #2

Entrevista realizada el 8 de abril al Arquitecto y Diseñador de Espacio Interno Jhonny Mora.

Experiencia

- Director Ejecutivo Academia BIM+ Universidad Creativa.
- Fundador y Director Blue AEC Studio.

¿Cuáles aspectos considera trascendentales para que una implementación BIM en una empresa constructora sea exitosa?

Todo debe venir de la jefatura, sino será difícil que se logre canalizar el proceso, refiriéndose con esto a la posibilidad de poder hacer mandatorio algo que hoy en día sino está en manos de los dueños no resulta, definiéndose claramente los objetivos BIM.

Otro aspecto importante es que la cultura, la comunicación correcta y la toma de decisiones en la empresa tengan una ruta BIM, no habiendo vuelta atrás. Si ya se montó en el carro del BIM no se puede bajar de él, ya que esto representaría re-procesos, siendo esta implementación de carácter mandatorio y con buena comunicación interna.

¿Cuáles recomendaciones podría aportar con su conocimiento y experiencia para alcanzar un efectivo trabajo colaborativo en el desarrollo un proyecto?

El tema del trabajo colaborativo no es que sea un trabajo automatizado esto debido a que las personas piensan que el BIM colaborativo todo es internet. Lo colaborativo empieza desde la parte humana, si el capital humano no tiene disciplina de trabajar en colaboración por más modelos y software que se tengan no se logrará ningún resultado, la colaboración empieza desde una buena planificación de los entregables, desde el proceso tradicional.

¿Cuáles son los retos más significativos que se podría enfrentar una empresa constructora a la hora de implementar la metodología BIM?

El tema generacional es un reto primordial, se tiene la mala concepción de que una persona que usa Revit ya puede manejar todo proceso BIM y que una persona adulta que no utilice herramientas tridimensionales no rendirá en un proceso BIM, de lo contrario es un balance de capital humano y de la implementación de procesos concretos un poco más eficientes, esto se busca con la implementación BIM. Todo está muy referido al tema de la implementación de procedimientos que permitan estructurar procesos de una mejor forma y que estos sean más eficientes. Si lo único que se va a lograr mediante la inserción en el tema 3D de un modelo BIM es entender mejor el proyecto mejor se queda como está y le dice al arquitecto que genere mejores planos.

¿Qué beneficios aporta la metodología BIM en una organización y en los proyectos? ¿Resultan estos beneficios por encima de la inversión realizada?

El retorno de inversión en BIM tiene muchas aristas, las inversiones tienen que ser muy estructuradas, debe definirse puntualmente donde se quiere tener una mejora, ya que sino será difícil poder dimensionar si la implementación BIM tuvo un retorno de inversión. El retorno de inversión se debe de ver por la empresa y no solamente por proyectos y a un mediano plazo, al corto plazo va a ser muy difícil dimensionarlo.

Entrevista #3

Entrevista realizada el 19 de abril al Arquitecto y Master en Análisis Estructural.

Experiencia

- Coordinador Máster BIM Manager con Autodesk Revit Animun Creativity Advanced School Málaga.
- Profesor del Máster "BIM Manager con Autodesk Revit. Animun Creativity Advanced School Málaga.

¿Cuáles aspectos considera trascendentales para que una implementación BIM en una empresa constructora sea exitosa?

Formación de las personas que van a construir el equipo BIM dentro de la empresa. El tema del hardware y software es una inversión económica e instantánea se hace referencia a esto último como algo que al día siguiente ya se puede utilizar. La formación no es inmediata y puede significar también una inversión importante, los resultados se verán después de algunos meses. La implementación no debe hacerse en la empresa de forma simultánea, debe ser gradual y no se trata de contratar un montón de cursos sino crear un núcleo o un equipo voluntario pequeño que estén muy convencidos en BIM y que tengan ganas de aprender (que no sea una imposición de la empresa) habrá un líder tecnológico que establezca un protocolo de expansión mediante la realización de proyectos piloto.

Una buena implementación no dura menos de 18 a 24 meses en una empresa de mediana a grande. Si se realiza a toda la empresa en general habrán personas que llevan trabajando de una misma manera por muchos años y que se resisten, viéndole problemas a la implementación debido a la imposición. Por lo que este pequeño grupo irá poco a poco expandiendo el BIM debido a sus ventajas, no mezclando metodologías.

¿Cuáles recomendaciones podría aportar con su conocimiento y experiencia para alcanzar un efectivo trabajo colaborativo en el desarrollo un proyecto?

Suficiente formación no solamente en la herramienta (ejemplo Revit) sino en la metodología, deben haber personas clave con formación en BEP, en metodología de nomenclaturas para que se puedan realizar protocolos. Todo lo anterior con jerarquías, se trabaja en un equipo piramidal (este no es transversal) existe una persona como Director BIM que se encarga de coordinar a los BIM Manager así se establece una comunicación constante.

¿Cuáles son los retos más significativos que se podría enfrentar una empresa constructora a la hora de implementar la metodología BIM?

Además de organizar el sector de recursos humanos, los clientes deben estar convencidos de la metodología, porque quizás ahora mismo puede ser más lento realizar un proyecto BIM, sin embargo, luego cuando se tenga más proyectos realizados lo normal será hacerlos más rápido en BIM que de la manera tradicional. Hay que convencer al cliente que se ganará en calidad, se evitarán errores de construcción y se presupuestará mejor, etc. Ante lo anterior no debe olvidarse tampoco la resistencia al cambio.

¿Qué beneficios aporta la metodología BIM en una organización y en los proyectos? ¿Resultan estos beneficios por encima de la inversión realizada?

La inversión no es a corto plazo, existe una curva de aprendizaje por la cual hay que pasar como en cualquier metodología.

En cuanto a beneficios los proyectos son más eficientes, más precisos. Toda la información está contenida en un modelo, pudiéndose realizar con estos estudios de tiempo 4D, de costes 5D, eficiente energética, montaje y mantenimiento, cualquier organización como la constructora, clientes, diseñadores, etc pueden hacer uso de los modelos.

Volviendo a la inversión el coste en software, hardware, capacitación es importante. Los

resultados no se ven en el primer proyecto, sino en el segundo o tercero. En cuanto al proyecto piloto debe ser pequeño y debe de convencer al cliente de que va a llevar más tiempo desarrollar el proyecto pero este será mejor porque se va a realizar en BIM. La construcción no tiene porqué llevar más tiempo, a lo mejor los documentos para poder construir si llevarán más tiempo pero luego, la construcción va a ganar tiempo porque se evitarán errores, no quiere decir que no vayan a haber errores sin embargo van a ser minoría y van a estar un poco más controlados. El coste para una empresa a corto plazo es mayor pero el beneficio a medio y largo es superior a la inversión realizada, estos son datos objetivos.

Es un mito el que las personas crean que con BIM se necesita más gente, esto es equívoco. Un equipo que trabaja totalmente en BIM es más eficiente y con menos personas bien formadas se puede realizar más trabajo, lo cual significa que a mediano plazo se pueda ahorrar dinero en temas de contratación.

Datos de referencia en cuanto al uso de BIM en Costa Rica

Con el objetivo de conocer el uso de BIM a nivel nacional, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica a través de su Comisión BIM realizó en el mes de julio del 2019 una encuesta denominada Uso de BIM en Costa Rica. Dicha encuesta realizó un análisis entre estudiantes, profesionales y personas relacionadas con el sector construcción.

Los resultados de esta encuesta, la cual al momento de su obtención no se encontraban publicados por la Comisión BIM del CFIA, fueron suministrados con el aval de esta comisión para el desarrollo de este proyecto de graduación con el objetivo de conocer el uso del BIM a nivel nacional y poder tomar decisiones las cuales se vieran reflejadas en el Plan de Implementación. Esta encuesta tuvo una cantidad de 870 respuestas entre profesionales y estudiantes, a continuación se muestran determinadas preguntadas con sus respectivas respuestas las cuales se consideran importantes.

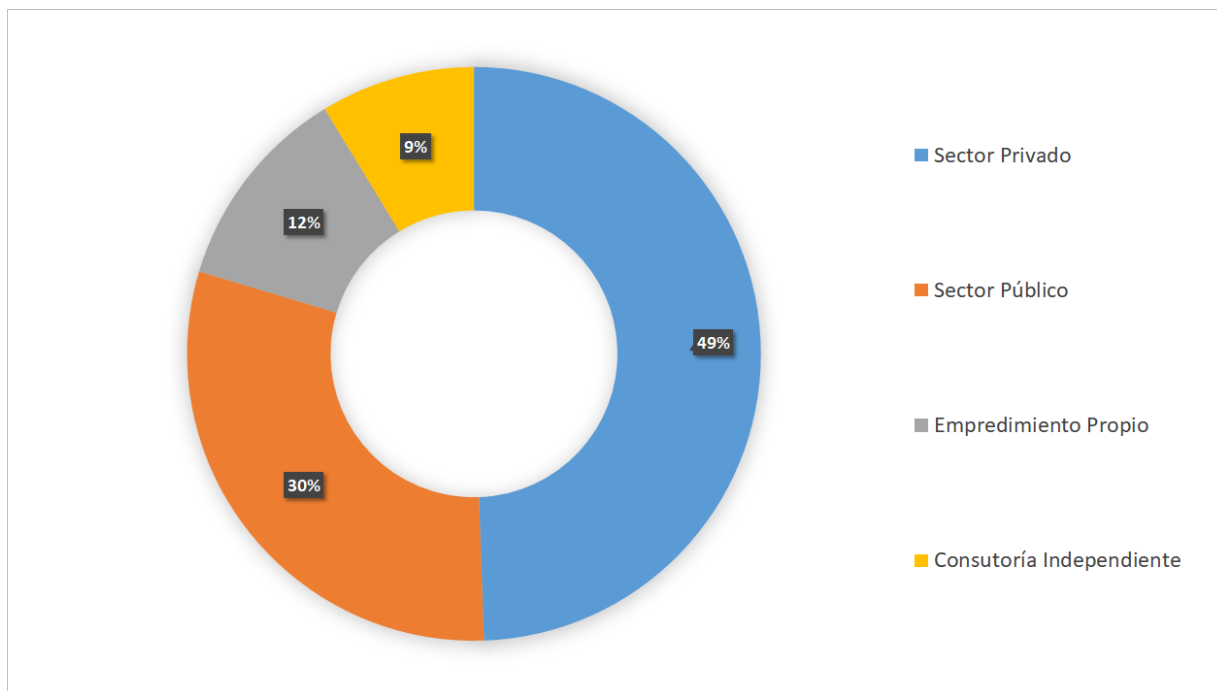


Figura 23. Sectores que respondieron a la encuesta.
Fuente: Comisión BIM CFIA.

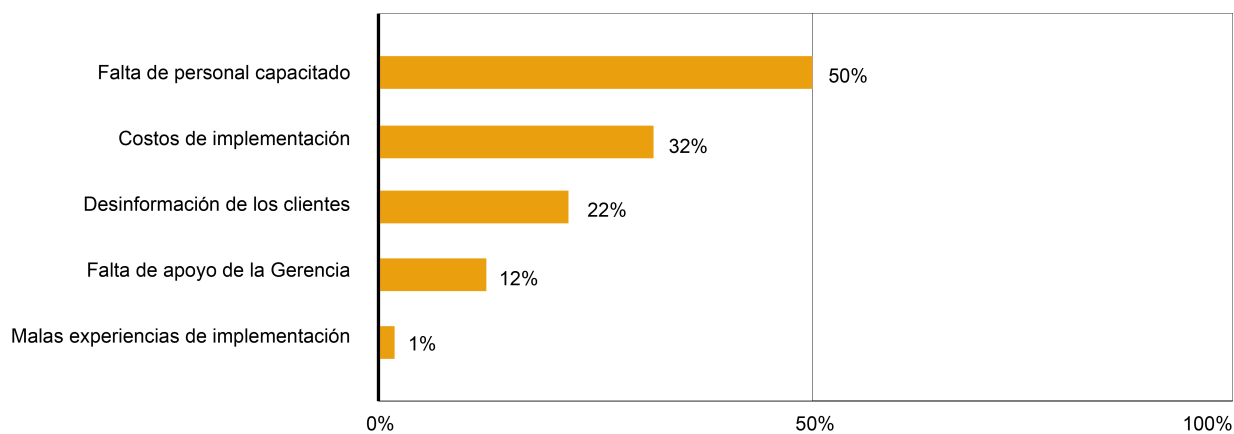


Figura 24. ¿A qué atribuye que no utilice BIM en su ejercicio profesional diario?
Fuente: Comisión BIM CFIA.

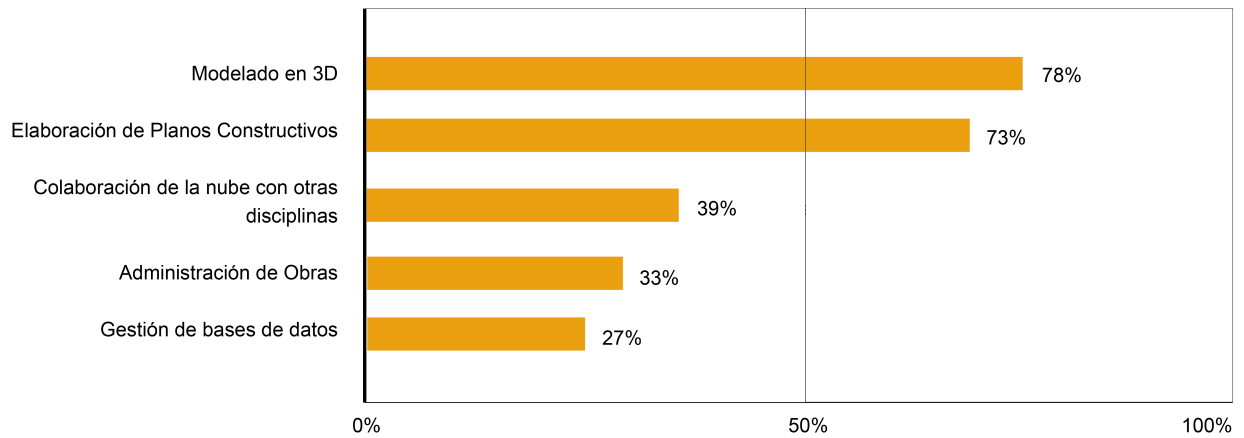


Figura 25. ¿En qué aplica BIM?
Fuente: Comisión BIM CFIA.

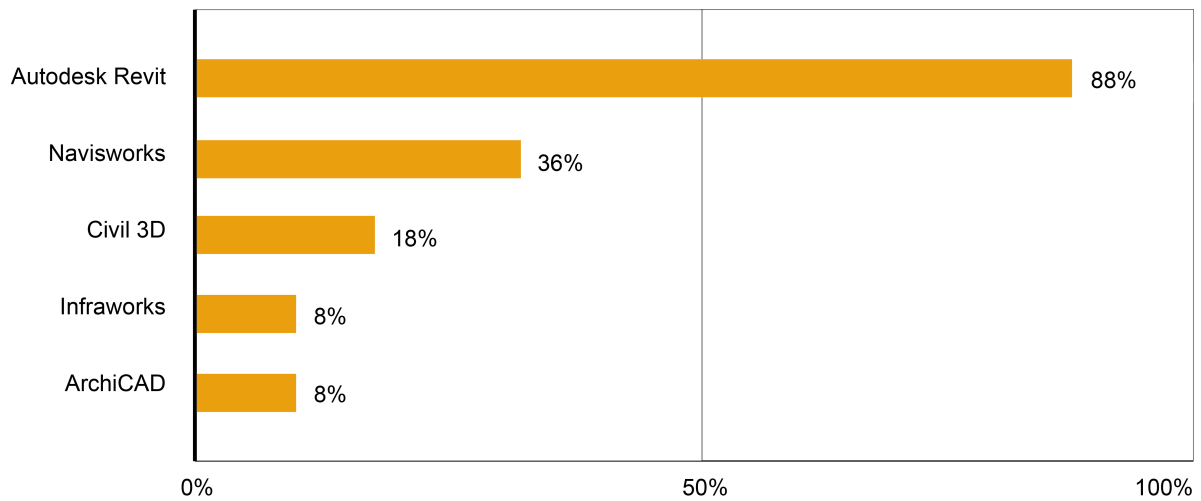


Figura 26. ¿Al aplicar BIM cuál software utiliza?
Fuente: Comisión BIM CFIA.

Análisis de los resultados

Análisis de la situación actual de la empresa Estructuras S.A.

Los resultados obtenidos a la hora de la aplicación del formulario denominado Objetivos BIM permiten hacer un análisis de la Comisión BIM existente en la empresa. Como anteriormente se mencionó, esta comisión está integrada por 3 Ingenieros en Construcción de los cuales proviene la decisión de implementar BIM en la empresa, como se puede observar en la Figura 8. Estos concuerdan en que no existe un presupuesto designado para la implementación, sin embargo, existe una idea de inversión. El motivo de la inexistencia de un presupuesto para la implementación es debido a que no se cuenta con una hoja de ruta clara que estipule en cuáles herramientas y capacitaciones se van a invertir. Lo anterior queda muy claro en el apartado número 11 del Plan de Implementación BIM denominado Recursos económicos para la implementación, sin embargo, es importante que se analice cada proyecto por separado al inicio de estos para ver cuáles son las necesidades de los mismos definiéndose así cuánto a nivel presupuestario se necesita para cubrir dichas exigencias.

Con respecto a los objetivos BIM a corto y largo plazo que se tienen en la empresa, los cuales se pueden observar en la Figuras 9 y 10, existe una discrepancia entre estos, lo que demuestra que la comisión BIM no posee una hoja de ruta clara a seguir, cabe destacar, como uno de los objetivos sí concuerda en todos los integrantes el cual es la coordinación 3D basándose esta en revisar y disminuir los problemas constructivos debido a las interferencias de sistemas de las diversas disciplinas que confluyen en un proyecto. Para la definición de estos objetivos fue necesario comentarlo con los encargados de la Comisión BIM, llegando a un consenso con respecto a estos. Los mismos se encuentran en el apartado 4 del Plan de Implementación denominado Objetivos BIM.

La información obtenida a la hora de la aplicación del formulario denominado Conocimientos BIM, entregó resultados importantes en cuanto al conocimiento BIM en la empresa y su aplicación en sus labores diarias. Inicialmente, gracias a Adrián Umaña (asistente de ingeniería en la empresa) y mediante el organigrama que este colaborador facilitó, se logró identificar la estructura organizacional de la empresa, este organigrama se muestra en el Anexo 1 en la Figura 1a.

De acuerdo con la Figura 13, el grado de conocimiento BIM en la empresa es básico, asimismo, se puede ver en la figura 12, como todas las opciones son usos que se le dan a la metodología BIM y ninguna de las opciones se encuentra al 100 %, lo que evidencia que todavía existen colaboradores que no poseen un conocimiento total en cuanto a los alcances que puede tener la metodología, demostrándose que quizás las capacitaciones que han recibido en el pasado ciertos colaboradores no han abarcado en su totalidad la metodología BIM, lo cual no está mal, ya que al ser Estructuras S.A. una empresa constructora se debe de tener claro el enfoque y los beneficios que la metodología brinda a este tipo de empresas, esto se logra

observar en la Figura 12, en la cual la mayoría de colaboradores marcó la planificación de obra como una de las etapas para las cuales sirve BIM, siendo esta etapa muy característica en los procesos de una empresa constructora.

En cuanto a la capacitación de los colaboradores se puede observar en las Figuras 14, 15 y 16, como la empresa si ha invertido en la capacitación de sus trabajadores, sin embargo, entre las opiniones o sugerencias en su mayoría se dice que las capacitaciones han sido muy básicas y superficiales y que no ha existido un espacio posterior de práctica a nivel profesional en el cual se puedan observar las verdaderas limitantes y sus formas de solucionarlas, quedando estas documentadas para proyectos siguientes. Se debe agregar que aunque las experiencias que se han tenido no son las mejores, la totalidad de los colaboradores se encuentran aún interesados en capacitarse en lo que respecta a la metodología BIM, y que en su mayoría prefieren las capacitaciones presenciales en la empresa en horario laboral; estos datos se puedan observar en las Figuras 17 y 18.

En relación con las capacitaciones, se presenta un fenómeno extraño a nivel interno de la empresa, ya que el investigador conocía previamente que a ciertos colaboradores se les había brindado cursos referentes a la metodología BIM, y si se observa la Figura 16, de la totalidad de trabajadores que completaron el formulario (27 en total) solo 13 mencionaron que habían recibido un curso, evidenciándose acá el olvido de estas inducciones por una parte del personal. Por lo tanto en el Plan de Implementación BIM, se recomienda que la mayoría de las inducciones se lleven a cabo próximas a la puesta en práctica de estas, evitándose así el olvido de estas inducciones por parte de los colaboradores.

En lo que respecta al tipo de tecnología presente en la empresa; este análisis debe dividirse en dos partes, el software y el hardware. En relación con el software, cabe destacar que debido a una decisión por parte del profesional responsable de este proyecto el departamento de presupuestos no fue tomado en cuenta en el Plan de Implementación BIM. Como se observa en la figura 19, en lo que respecta a los cargos de Ingeniero Director y Residente no se presenta uniformidad en cuanto al uso de software, esto genera problemas a nivel interno en la empresa, debido a que no se tiene una plataforma estándar en la cual se trabaje; y que todos dominen pudiendo generar esto pérdidas de información importantes, por lo tanto el Plan de Implementación plantea una incorporación de software uniforme en pro de que la empresa trabaje mediante una sola plataforma virtual en todos los proyectos que se realicen en la empresa.

En relación con el hardware, puede observarse como este no es un gran problema en la empresa, ya que además de los distintos equipos tanto portátiles como de escritorio que poseen los colaboradores, todos los Ingenieros Directores y Residentes, los cuales son las personas que están en obra, poseen iPads Pro las cuales posibilitan el tener la información correcta en el tiempo correcto, claro está, si esta ha sido gestionada correctamente previamente en los software de colaboración. Lo anterior le sienta muy bien al Plan de Implementación que se presenta en este proyecto, ya que en este se incorpora un software de colaboración, esta es posiblemente una de las mejoras más importantes en lo que se refiere al aspecto de la implantación tecnológica. Aunado a esto, cabe destacar que todos los maestros de obras en campo también poseen iPads, estos juegan un papel vital ya que son los que más contacto tienen con la obra, en este lugar se ven materializados todos los esfuerzos en diseño y coordinación que se realizan al momento de la creación de los modelos de información; y la correcta gestión de la información que se

deriva de estos.

En lo que respecta a los procesos de trabajo en la empresa, se tiene como gran problema que estos están escasamente documentados, estos procesos en su mayoría son transmitidos verbalmente a los colaboradores a través del tiempo. En la Figuras 22 y , se pueden observar los diagramas de procesos tradicionales realizados en este proyecto de graduación, los cuales sirvieron como base para la generación de flujos de trabajo que incorporan la metodología BIM en sus actividades.

En síntesis, la empresa Estructuras S.A. posee como fortalezas su experiencia de más de 45 años, un buen ambiente laboral, prestigio a nivel nacional y una gran capacidad de inversión, destacándose como oportunidades la incursión en el sector público en proyectos de gran calibre dándole estos solvencia a la empresa para poder llevar a cabo este tipo de implementaciones como lo es el de la metodología BIM. Por otro parte, dentro de las debilidades de esta empresa se destacan la inexistencia de flujos de trabajo con sus respectivos estándares y protocolos, teniéndose como amenaza las empresas de la competencia las cuales poseen oficinas BIM creadas años atrás, como lo son el caso de Bilco y Edificar.

Análisis del marco de referencia en cuanto a los factores relevantes para la implementación BIM

La elaboración del Plan de Implementación BIM propuesto a la empresa Estructuras S.A. sigue parte de la metodología con base en un flujo de decisiones que expone Valle (2014), dicha metodología se puede observar en el Anexo 2a. A continuación se plantean los 3 ejes en los que se basa el Plan de Implementación, estos son: organización, procesos y tecnología. Cabe destacar que este mismo análisis también se encuentra en el Plan de Implementación BIM esto debido a que este es el entregable final para la empresa Estructuras S.A., este también debe estar argumentado.

Organización

En lo que respecta a este eje, como se mencionó anteriormente; la empresa cuenta con una Comisión BIM la cual funge como Equipo Estratégico. Dicha comisión está integrada por Ingenieros en Construcción que cuentan con una cantidad de tiempo considerable en la organización y que tienen la confianza absoluta por parte de la gerencia. Estos profesionales se encuentran debidamente capacitados en lo que respecta a la metodología BIM, y es por esto que han impulsado su implementación al interior de la institución, ya que conocen de los beneficios del uso del BIM en los proyectos de construcción.

Por otra parte, se plantea en el Plan de Implementación BIM un Equipo Operacional BIM, el cual está conformado por 3 cargos: Director BIM, Coordinador BIM y Modelador BIM. Cabe destacar que este equipo está condicionado a la demanda de trabajo que se presente, teniéndose la posibilidad de que el Director BIM y los Modeladores BIM adquieran ciertas funciones del Coordinador BIM en momentos de baja demanda o que la gran demanda de trabajo obligue a la empresa a considerar la contratación de más personal. Las descripciones y funciones además de

las competencias de estos cargos tienen como fundamento teórico el libro Guía para implementar y gestionar proyectos BIM. (Barco, 2018)

Aparte de proponer este equipo operacional, se desarrolla un plan de capacitación orientado a dicho grupo, a los ingenieros directores y residentes de la empresa; así como también para los maestros de obras. Cabe destacar que estos últimos juegan un papel vital ya que son los que más contacto tienen con la obra, en este lugar se ven materializados todos los esfuerzos en diseño y coordinación que se realizan al momento de la creación de los modelos de información. Es importante recalcar que por más que se realicen modelos 3D y se coordinen estos, si la información contenida en planos no es la suficiente y además no existe una inducción adecuada a las personas en el campo sobre el uso del 3D, al momento de la construcción se encontrarán los problemas habituales.

En lo que respecta a los ingenieros directores y residentes, debido a que algunos de estos ya han recibido previamente cursos de Revit y Navisworks (como se puede observar en el Apéndice 4), se propone que el Director BIM sea el encargado de diseñar un curso tanto de refrescamiento de conocimientos para estos, así como también un curso desde cero para aquellos que no estén familiarizados de previo con la metodología ni con las herramientas. Lo anterior supone una reducción de costos en la implementación, realizando las inducciones con personal propio de la empresa, estas deben realizarse preferiblemente de manera presencial en horario laboral y en las instalaciones de la empresa. Se adjunta en el plan una propuesta de temas que se deberán cubrir con estos cursos.

En lo que refiere a estos cursos básicos de Revit y Navisworks para ingenieros residentes y directores, debe tenerse en consideración que para la utilización de estos software (con todas sus funcionalidades) se necesita de una licencia por usuario, la cual es costosa. Por lo que se deberá de analizar el uso de estas a nivel de ingenieros residentes y directores en cada proyecto en específico. Estos detalles son lo que las academias de formación o formadores no ofrecen a sus clientes, ya que esto representaría afectaciones a sus negocios.

Por lo tanto se ofrecen dos alternativas totalmente gratis (con limitaciones) que ofrece la compañía Autodesk. La primera de estas corresponde a Revit Viewver, este es un software utilizado para revisar modelos sin una licencia activa que tiene entre una de sus limitantes el no poseer la capacidad de crear tablas de planificación (cuantificaciones). La segunda de estas corresponde a Navisworks Freedom, este es un software para revisar los modelos; también puede ser utilizado sin una licencia activa; este a su vez posee una limitante: no se puede de realizar en él cuantificaciones, ni detección de interferencias.

De acuerdo con lo anterior, en lo que respecta a la visualización de modelos se recomienda el software Navisworks, el cual tiene poca exigencia a nivel de hardware y además, su formato no permite que se le realicen modificaciones al modelo, esto evita un inconveniente en términos de propiedad intelectual. Por último, los ingenieros residentes y directores recibirán también inducciones de BIM360 y Dalux.

Con respecto a los maestros de obras, se propone que el Director BIM sea el encargado de las inducciones, debido a que no existe en el país un curso en lo que respecta al software de colaboración BIM360 y al software de visualización Dalux. Esta inducción debe estar enfocada en la visualización eficiente de planos, uso de hipervínculos, mediciones, navegación y visualización 3D. Cabe destacar la importancia de la concientización hacia estos, en relación con el modelo

3D, ya que este es solamente una referencia; y que cualquier medida que acá se tome es referencial también. Respecto a las dimensiones, estas siempre deberán de obtenerse de cotas creadas previamente en las láminas de los planos, o bien si se utiliza la herramienta de medir en el BIM360, se deberá de comprobar la correcta calibración.

Finalmente, respecto al equipo de liderazgo se propone la siguiente capacitación: se proponen cursos web por su bajo costo y su buen contenido, además de que estos una vez adquiridos por la empresa pasan a ser activos de esta para próximas capacitaciones. En mucha literatura se menciona que el Director BIM no necesariamente debe tener un alto conocimiento en el uso de las herramientas BIM, sin embargo, para este plan de implementación se recomienda que este tenga un manejo avanzado de las plataformas con el objetivo de que pueda guiar a su equipo resolviendo problemas que se presenten además de proponer procesos de mejora.

Ante la propuesta de estos cursos en línea, será el Director BIM el encargado de diseñar un método de evaluación para controlar el correcto aprendizaje de su equipo. Lo anterior no supone gran problema debido a que los cursos que se proponen presentan ya sea un examen de prueba o bien un certificado de finalización. Cabe destacar que estos cursos se centran plenamente en la utilización de la herramienta por lo que los verdaderos retos se encontrarán a la hora de poner en práctica lo aprendido.

En cuanto a los protocolos que tendrán que ser diseñados, estos estarán a cargo del Director BIM quién también se apoyará del Coordinador BIM. Se propone un curso virtual para el Director BIM denominado Implementación de Protocolos y Guías BIM, impartido por la Cámara de la Construcción en colaboración con el BIM Forum Costa Rica.

Una vez el Director BIM haya recibido el curso, asimilado y puesto en marcha el mismo, deberá poder transmitirle sus conocimientos a los demás colaboradores de la empresa de acuerdo con las necesidades de estos. Ante lo anterior, es importante destacar de que el BIM así como requiere de una formación continua por parte de sus ejecutores también requiere de una mejora continua en cuanto a los flujos de trabajo que bajo esta metodología se realizan, teniéndose en cuenta la planeación y la implantación, la ejecución, la revisión y el análisis; y por último la corrección. Personas entusiastas con un alto nivel investigativo serán necesarias en estos procesos.

Se muestra en el plan una tabla resumen correspondiente a la capacitación necesaria. Con respecto a esta, puede que algunos ingenieros residentes o directores no necesiten de ciertas capacitaciones como ya se mencionó anteriormente así como ciertos integrantes del equipo operacional BIM, sin embargo, con respecto a estos últimos dependerá de la elección que se realice en la empresa, destacándose esta elección que no deberá ser impositiva sino voluntaria.

Respecto a las inducciones sobre los flujos de trabajo y protocolos a nivel de intercambio de información, estas en su totalidad serán dadas por el Director BIM y se recomienda que sean impartidas próximas a la realización de un proyecto BIM. Lo anterior facilitará la puesta en práctica de los conocimientos a corto plazo, esto evita olvidos de estas inducciones por parte de los colaboradores.

Procesos

Se decide dividir este eje en 2: licitación diseño-construcción y licitación solamente construcción. Lo anterior es debido a que el uso de la metodología BIM a nivel de empresa constructora puede variar de acuerdo con el tipo de licitación en la cual se esté trabajando.

Licitación pública-privada diseño-construcción

La aplicación de la metodología BIM, en una licitación pública-privada por diseño y construcción, adjudicada a la empresa constructora facilitará la correcta implementación de BIM en el proyecto. Participar en el proceso de diseño le permitirá a la empresa constructora el definir las reglas del juego mediante un debido Plan de Ejecución BIM (PEB, por sus siglas en inglés).

La elaboración de este Plan de Ejecución BIM, se encuentra dentro de uno de los objetivos BIM a corto plazo de la empresa, permitiéndole este el gestionar y controlar los requisitos de la información. Es de suma importancia establecer el alcance que tendrá la realización de los modelos y la gestión de estos, ya que si no se tiene esto estipulado es muy difícil que su uso aporte valor.

Es recomendable que en cada proyecto se contemplen los siguientes puntos para establecer el alcance y los requisitos de la información del modelo, estos puntos deberán de incluirse en el Plan de Ejecución BIM.

- Funciones, responsables y autorías.
- Hitos del proyecto.
- Objetivos BIM del proyecto.
- Usos BIM del proyecto.
- Nomenclatura de carpetas, archivos y láminas.
- Niveles de desarrollo (LOD) para los distintos modelos.
- Normas para la ejecución de planos en el software de modelado.
- Flujos de trabajo en BIM.
- Sistema de gestión y transferencia de datos.
- Estructura de modelos BIM.
- Estándares de modelado BIM.
- Control de calidad BIM.
- Códigos y colores por disciplinas y/o sistema.
- Formatos de software.

Se proponen para este plan 4 flujos de trabajo que incorporan la metodología BIM en sus actividades, específicamente para lo que es el proceso de autoría de diseño, la coordinación 3D, la extracción de cantidades y el modelo de registro y operación. Estos flujos pueden ser observados en su totalidad en el Plan de Implementación.

Si bien los flujos de trabajo ayudan a identificar actividades críticas se recomienda que estos sean respaldados por protocolos de trabajo en los cuales se detalle mejor la manera de proceder.

Licitación pública-privada construcción

Cuando se tiene el caso de una licitación pública-privada, en la cual se haya ganado la misma y solo se tengan planos en 2D (que van a ser la mayoría al tratarse de una empresa constructora) la aplicación de la metodología BIM es más costosa mas no imposible. Para estos casos se recomienda de igual manera realizar un Plan de Ejecución BIM.

Si no existen modelos BIM por parte de los consultores, la empresa constructora en conjunto con las empresas electromecánicas valorarán el hecho de realizar modelos LOD300 a partir de los planos constructivos de estos. Se realizará un cronograma el cual deberá respetarse a cabalidad, para asegurar que las distintas fases del modelo planteadas estarán listas y coordinadas antes de su respectiva construcción.

Cabe destacar que el alcance y los usos que se les dará a los modelos BIM, deberán estar muy bien definidos. Asimismo, es ideal que los modelos estén terminados antes de la construcción, sin embargo, al ser la construcción un sector tan acelerado esto usualmente no sucede así, por lo que se debe estar consciente de que la realización de estos modelos podrían tener deficiencias en el camino y no solucionar el 100 % de los problemas por choques de sistemas o falta de información.

Se propone que estos modelos se realicen en una primera instancia para coordinar con otras disciplinas, planificar la obra, extracción de cantidades y la realización de planos taller. Se deberá realizar anotaciones en los planos y entregar estos a los consultores, para que se realicen las correcciones necesarias, mediante un registro de conflictos/dudas vinculados con los modelos conciliados para llevar el control de correcciones y aclaraciones con respecto al diseño.

En caso de que se obtengan modelos por parte de los consultores, se coordinarán estos y además se seguirá el flujo de trabajo respecto a la extracción de cantidades así este sufre una modificación con respecto a no diseñar, sino que se revisarán los modelos, se valorará que tanto del formato de presupuesto se puede cuantificar y cómo se realizará y se ajustarán los modelos BIM para cuantificar; extrayendo de estos la información.

Se puede observar en el plan el flujo de trabajo en BIM cuando se tenga el caso de que no existen modelos BIM por parte de los consultores. Asimismo, se explicó anteriormente cómo se iba a proceder cuando se obtengan modelos por parte de los consultores. Cabe destacar que indistintamente si se realizan modelos por parte de las empresas constructoras o bien se obtienen modelos por parte de las empresas consultoras, se deberá seguir el flujo de trabajo en lo que respecta al modelo de registro de la información, operación y mantenimiento.

Tecnología

Este eje se divide en dos: software y hardware.

Software

Para la elaboración de este apartado en el Plan de Implementación, se analiza una lista de herramientas BIM publicada en la página del BIM Forum Costa Rica, se cuenta con una encuesta denominada “Uso de BIM en Costa Rica” realizada por 870 personas del sector constructivo y facilitada por la Comisión BIM del CFIA, recomendaciones de los profesionales expertos en la metodología BIM, además se realizaron pruebas en los distintos software.

El software definido para este plan se dividen en 3 grandes grupos, los cuales se listan y describen a continuación, lo anterior como recomendación de uno de los expertos.

- Software de modelado: herramientas que pueden ser usadas para la realización de modelos de masas conceptuales, creación virtual de prototipos de construcción, documentación de la construcción e incluso diseño detallado a nivel de fabricación para todo un edificio. (LOD Planner, 2019)
- Software de validación y control BIM: cuando se combinan modelos 3D de diferentes equipos de proyecto, a menudo se pueden descubrir problemas. Estos problemas pueden ser resueltos en un modelo virtual a un costo muy bajo comparado con encontrarse estos en el sitio de trabajo. En ocasiones existen miles de problemas a los cuales darles un seguimiento, siendo estas herramientas esenciales en la obtención de los verdaderos beneficios de BIM. (LOD Planner, 2019)
- Software de colaboración BIM: usualmente los modelos y la documentación que surge a partir de estos son creados por muchas partes interesadas. Para que todas las personas se mantengan en la misma página, estos modelos no pueden permanecer en silos. Estas herramientas de colaboración BIM permiten a los equipos a compartir y acceder a los modelos y la documentación correcta en los momentos correctos. (LOD Planner, 2019)

Software de modelado

En lo que respecta a la creación de modelos BIM existe un sinnúmero de software de diferentes desarrolladores los cuales se dividen en áreas funcionales. A nivel de modelado de arquitectura se destacan software como Revit, Archicad, Vectorworks, Sketchup, etc. Asimismo, en lo que respecta al modelado y cálculo de estructuras se tienen software como Robot, CypeCAD, Tekla Structures, etc. También, entre los software que refieren al modelado y cálculo de instalaciones MEP se encuentran Revit MEP, CypeMEP, MEP Modeler, etc. Al mismo tiempo entre los software que sobresalen en el modelado de obra civil se destacan Civil 3D, InRoads, ReCap360, InRoads, etc.

Es oportuno manifestar que debido a los objetivos BIM de la empresa, no es eficiente ni rentable enfocarse en aquellas herramientas que solo cubren un área funcional, ya que lo anterior implicaría la compra de una cantidad mayor de software, una mayor cantidad de capacitaciones y complicaciones en el tema del manejo de la información debido a la interoperabilidad que deberá de realizarse al pasar de herramienta a herramienta.

Debido a lo anterior se decide por la herramienta Revit del desarrollador Autodesk para suplir las necesidades de modelado tanto de diseño como as-built que se tengan en la empresa.

Es importante destacar que la elección de este software se basa en la encuesta Uso de BIM en Costa Rica, realizada por la comisión BIM de CFIA en la cual el 88 % de los encuestados respondió que utiliza el software Revit ante un 8 % solamente que utiliza Archicad, que es el software de competencia. Además, en la empresa uno de los dibujantes/modeladores tiene una gran experiencia en la utilización del software y otra de las dibujantes/modeladoras actualmente se encuentra llevando un curso a nivel avanzado de Revit.

La utilización de Revit hará que la curva de aprendizaje se reduzca, además, gracias a la gran capacidad de otorgamiento de licencias gratuitas para estudiantes que posee el desarrollador Autodesk será más fácil de encontrar personal calificado en el mercado, situación que no sucede con otros software. Asimismo, se facilitará el trabajo colaborativo entre equipos multidisciplinarios debido a la gran cantidad de usuarios en el país que utiliza este software.

Software de validación y control BIM

De acuerdo con Becerick Geber (2010) uno de los usos más utilizados en BIM es la detección de choques de sistemas constructivos, nada más superado por el uso de visualización de modelos. La elección de esta plataforma con un debido protocolo y flujo de trabajo asociado, por causa de la cantidad de problemas ocasionados por los choques de sistemas que se presentan en obra y el riesgo y costo que estos representan, es de vital importancia.

A nivel de esta área funcional se destacan software como Solibri Model Checker de la desarrolladora Nemetscheck Group además del software Autodesk Navisworks Manage de la desarrolladora Autodesk. Solibri Model Checker requiere que los modelos sean exportados en formatos IFC, lo cual no debería de ser un inconveniente alguno, sin embargo, se reportan entre los usuarios fallos y pérdidas de información al trabajar con archivos con este formato.

Debido a lo anterior se toma la decisión de utilizar la herramienta Navisworks Manage del desarrollador Autodesk en lo que respecta a la coordinación de sistemas constructivos. Es importante recalcar que la declinación hacia este software al igual que Revit está en función de que es un software muy utilizado en Costa Rica, ya que de acuerdo a la encuesta Uso de BIM en Costa Rica realizada por el CFIA un 36 % utiliza este software, lo cual es el equivalente a 104 respuestas. Asimismo, la mayoría de Ingenieros tanto Civiles como en Construcción en la empresa han recibido cursos referentes a esta herramienta por lo que su uso será más fácil a nivel de proyectos. Esta plataforma presenta una ventaja considerable en comparación con las otras en que al ser de la casa matriz Autodesk los trasposos de información son confiables y no existen pérdidas de información a la hora de la exportación.

Ahora bien, los problemas encontrados en cuanto a choques de sistemas deben de ser gestionados y comunicados de manera eficiente a los distintos modeladores mediante una herramienta. Con respecto a esta se toma la decisión de utilizar la herramienta BIMcollab esto debido a su bajo costo y porque esta posee una versión gratuita para 4 personas editoras, funcionando muy bien esta versión cuando no hay una gran cantidad de modeladores en el proyecto. Además, se descartó la opción de BIMtrack debido a su alto costo, sin embargo, se invita a los lectores y ejecutores de este plan a no perderle el rastro a esta plataforma para que cuando la industria este familiarizada con este tipo de herramientas y se le dé un uso constante a estas, pueda nuevamente ser tomada en cuenta como una posibilidad para su uso.

Software de colaboración BIM

La incorporación de este software es posiblemente una de las mejoras más importantes de cualquier implantación tecnológica en un entorno de proyectos. Partiendo del hecho de que se debe romper la barrera del intercambio tradicional vía correo, para emplear un registro más automatizado y eficiente, que no obligue a los coordinadores de proyectos a gestionar información no estructurada en correos, reduciendo su valor como gestores de proyectos a gestores de correos electrónicos.

Es importante que estos nuevos sistemas de intercambio de información sean trazables (permitan ver cuándo y quién ha realizado modificaciones además de observar cuáles han sido estas modificaciones desde el inicio del proyecto), sean archivables, configurables y sobre todo seguros. Lo anterior, elimina los envíos del tipo WeTransfer, que carecen de trazabilidad y garantía de que los archivos no sean copiados en el camino.

Para la elección de este software de colaboración primero se hizo un análisis del cloud propio de la compañía QNAP que posee la empresa. Este servicio en la nube posee la capacidad de almacenar información estructurada a través de carpetas. Realizando un análisis de la herramienta se toma la decisión de descartar la misma debido a los siguientes motivos:

- Solo posee tres tipos de permisos: acceso denegado, solo leer y leer y editar. Además, si una persona tiene permisos para una carpeta, los tiene también para todo lo que hay dentro, no teniendo esta herramienta la capacidad de poder ampliar los permisos dentro de las carpetas.
- Si una persona no tiene permisos para una carpeta esta persona la puede ver, sin embargo, si entra a esta no puede observar nada de lo hay dentro. Esto no es beneficioso debido a que idealmente si no se tiene permisos no se debería siquiera de ver la carpeta .
- Se maneja en esta nube información empresarial muy sensible por lo que añadir miembros a esta de muchas empresas sub contratadas además del cliente no resulta una muy buena idea, ya que si bien existen los permisos en algún momento se podría cometer un error dándole más acceso del debido a cierta persona, pudiéndose filtrar información valiosa de la empresa.
- Su aplicación de servicio remoto, no tiene la capacidad de abrir formatos del tipo .dwg, .rvt, .nwd, etc. Por lo que a la hora de estar en campo no se podría revisar cierta información, teniendo que estar todo en pdf.

Posterior a este análisis se realizó una búsqueda en el mercado seleccionándose 5 software siendo estos los siguientes: Procore, BIM360 Document Management, Plangrid, Trimble Connect y Dalux Box Pro.

A partir de esta selección fue descartada por su alto costo la opción de Procore. Esta es una plataforma muy robusta de gestión de la construcción, su uso inicialmente tan reducido no resultaría rentable para la organización, además, de que este no es un software BIM como tal. Sin embargo, en los últimos meses este desarrollador ha realizado ciertas integraciones a su plataforma asociadas a la metodología BIM, las cuáles aún se encuentran en una etapa de prueba

y mejora por lo que se insta a los lectores y ejecutores de este plan a no perderle el seguimiento a este software, para que cuando se haya alcanzado un grado de madurez importante en la empresa y el software también haya hecho del BIM parte de sus flujos de trabajo, se pueda nuevamente analizar la posibilidad de su uso.

Asimismo, el software Plangrid también fue descartado ya que aunque este software tiene una gran capacidad para gestionar planos, su nula estructuración de carpetas y subcarpetas en el guardado de archivos así como también la inexistencia de restricciones a la visualización o edición de documentos lo hacen poco competitivo. Por otra parte, se realizó una demo de 12 días con el software Dalux Box Pro, teniéndose deficiencias en cuanto a la gestión de la información, por lo que esta plataforma también fue descartada.

Ante lo anterior y debido a la elección de los software de Revit y Navisworks en apartados anteriores se decide por la herramienta BIM360 Document Management. Este gestor documental es el mejor para la fase de diseño, si se trabaja en entorno Autodesk, asimismo, para la fase de construcción, permite llevar un versionamiento eficiente de los planos del proyecto. Además, cuenta con una estructura e información completamente separada para cada proyecto con una interfaz sencilla muy similar a una ventana de Windows en lo que respecta a las carpetas, teniendo esta un navegador “en árbol” de carpetas las cuales poseen una restricción a la visualización o edición de documentos de acuerdo con un control de accesos y permisos previamente definido.

Por otra parte, este software tiene un comparador de versiones tanto en 2D como en 3D, el cual es el inteligente si se trabaja con programas de la colección de Autodesk. Asimismo, se pueden realizar marcas de revisión e incidencias, gestionando estas de manera integral con los responsables asociados. Una de las ventajas que se tiene con este software es que al momento del pago de la suscripción, se puede invitar a todos los interesados del proyecto que se desee esto según Piedra, A. y Arguedas, J. (2020) expertos en la metodología BIM fundadores de empresas de consultoría BIM en el país.

Por último, es importante evidenciar la deficiencia que posee este gestor a nivel de visualización del modelo de la información en campo, ya que la experiencia a nivel de usuario no es satisfactoria. Es por esto, que en este plan se propone una alternativa ante esta desventaja que se presenta.

Software complementarios

Debido a que uno de los objetivos BIM es el establecimiento de una herramienta para la visualización en campo de los modelos y su documentación y ante la deficiencia en la visualización de modelos que ofrece el software BIM360 en dispositivos móviles, se propone el software Dalux BIM Viewer para la observación de modelos en campo. Este es un software gratuito que combina planos en 2D con modelos 3D, teniendo estos últimos la capacidad de ser filtrados y generar visualizaciones personalizadas del modelo. Además, si se trabaja con modelos en Revit o Navisworks, estos pueden ser exportados fácilmente a través de la utilización de un plugin gratuito que ofrece este desarrollador. La única problemática que ofrece este software es la necesidad de conexión a internet para su uso, lo cual será solucionado mediante el compartimiento de internet, a través de dispositivos telefónicos.

Una de las funciones del Coordinador BIM que se propone en el equipo de liderazgo en este plan es la de la realización de métricas para que en coordinación con el departamento de presupuestos estas puedan ser comparadas evidenciando errores y/o fiabilidad de las mediciones a partir de modelos. Para la realización de estas métricas se utilizará primeramente la herramienta “Quantity Take Off” del software Navisworks así como también del apoyo del software Revit. Los costos en BIM es un tema complejo que se sale del alcance de este plan, sin embargo, se recomienda a los lectores y ejecutores de este a generar estadísticas comparativas entre el Take Off virtual y el Take Off manual con el objetivo de generar datos suficientes que respalden un posible cambio e inserción de los modelos BIM en los flujos de trabajo del departamento de presupuestos.

Hardware

En cuanto a los sistemas de hardware requeridos, si bien es transcendental tener claro el o los software a utilizar de acuerdo al alcance que se busque en el desarrollo del proyecto BIM, esto trae consigo una inversión en equipos computacionales adecuados y suficientes que generen un trabajo fluido. Por lo general, los desarrolladores de software ofrecen dos tipos de recomendaciones de hardware según sea el software, siendo estos requerimientos mínimos y requerimientos recomendados o de alto rendimiento.

Las configuraciones básicas no aseguran una fluidez completa y genera incertidumbre respecto a si se cumplirán los requisitos del software, por lo que no es recomendable elegir este tipo de configuración. En lo que respecta a la configuración recomendada esta permite una alta fluidez, garantizando una compatibilidad del equipo por al menos dos años, sin embargo, este tipo de configuraciones suelen tener exigencias muy altas que influyen fuertemente en el costo final del equipo.

Dado el alto nivel técnico que se requiere, para este plan se contó con la asesoría de especialistas en informática y redes, especialmente del Ing. Roberto Contreras encargado de esta área en la empresa. Estructuras S.A. como parte de sus activos posee dos laptops especializadas para trabajos empresariales de alta demanda, estos equipos cuentan con buenos comentarios en cuanto su uso en proyectos de parte de sus usuarios. El ingeniero Contreras facilitó los detalles de estos computadores. Aunque dichas laptops han trabajado de una buena manera, se realiza una propuesta de mejora hacia estas, esto con respecto a los requisitos del sistema de los productos Revit 2021 en cuanto a modelos complejos de gran tamaño, esta propuesta de mejora puede ser observada en el Plan de Implementación.

Debido a que los colaboradores de la empresa no cuentan con una restricción de instalación de software en sus equipos informáticos de trabajo, se recomienda la colocación de seguridad con respecto a estos equipos especializados, lo anterior con el objetivo de mantener las máquinas con el funcionamiento más óptimo posible.

Análisis de factores relevantes para la implementación BIM

Las entrevistas realizadas a los expertos que se muestran en la parte de resultados además de la documentación que se presenta en el marco teórico de este documento, permitieron elaborar el cuadro que se muestra a continuación. Este contiene los factores relevantes para la

implementación BIM al interior de una empresa constructora establecidos por Valle (2014) los cuales también indirectamente fueron mencionados por los expertos en las entrevistas. Dichos factores son analizados con respecto al Plan de Implementación BIM, propuesto en este proyecto de graduación.

Cuadro 1. Análisis de los factores relevantes para la implementación BIM, en una empresa constructora.

Factores relevantes para la implementación BIM.	Plan de Implementación BIM Estructuras S.A.
Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de BIM.	Este plan elaborado es el equivalente a una guía, el cual posee toda la información necesaria para que la empresa constructora Estructuras S.A. pueda implementar la metodología BIM en sus labores diarias.
Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán BIM para el desarrollo de proyectos.	La incorporación del software de colaboración en este plan se enfoca en un trabajo colaborativo tanto entre los participantes de la empresa como entre los participantes de otras empresas al ser la construcción un trabajo multidisciplinario.
Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.	La gerencia en conjunto con la Comisión BIM existente en la empresa participaron activamente en la elaboración de este plan, aportando observaciones y sugerencias. Asimismo, los colaboradores de la empresa participaron activamente también completando el formulario y brindando información de más que sirviera para comprender la forma de trabajar de la empresa.
Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar BIM.	El establecimiento de las características del acceso al entorno común de datos permite la creación de una estructura de nombre de carpetas en donde se almacenará la información. Asimismo los flujos de trabajo realizados poseen una línea referente al intercambio de información y otra a la información de referencia.

(Continúa en la página siguiente)

(Viene de la página anterior)

Cuadro 1. Análisis de los factores relevantes para la implementación BIM, en una empresa constructora.

Factores relevantes para la implementación BIM.	Plan de Implementación BIM Estructuras S.A.
Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM.	La formación de la comisión BIM en esta empresa ha posibilitado la capacidad de observar beneficios en la metodología BIM, realizando proyectos pilotos anteriormente a la presentación de este plan, teniendo así Estructuras S.A. la capacidad para modificar los procesos que actualmente existen.
Capacitación de los equipos de trabajo con base en los conceptos BIM.	La empresa cuenta con un conocimiento básico a nivel de la metodología, planteándose en este documento un plan de capacitación para la empresa, quedando pendiente la puesta en marcha del mismo.
Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores.	Se plantea un equipo de liderazgo BIM, el cual posee los cargos o roles, la descripción y funciones de estos así como las competencias que estos deben de tener.
Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.	El equipo de liderazgo se convierte en el gestor técnico encargado de generar las herramientas que apoyen y potencien las implementación BIM en esta empresa.
Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.	El plan posee un equipo de liderazgo BIM el cual será el encargado de guiar la implementación.
Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.	Será responsabilidad del Director BIM (propuesto en este plan) el comunicar los cambios que se realizarán al inicio de los proyectos BIM venideros, lo anterior hasta que toda la empresa tenga el conocimiento de estos cambios.
Existencia de objetivos claros para la implementación.	Este plan posee una sección de objetivos, definiéndose estos tanto a corto como largo plazo.

(Continúa en la página siguiente)

(Viene de la página anterior)

Cuadro 1. Análisis de los factores relevantes para la implementación BIM, en una empresa constructora.

Factores relevantes para la implementación BIM.	Plan de Implementación BIM Estructuras S.A.
Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con los que se llevará a cabo la implementación.	En el capítulo 13 de este plan denominado serie de acciones a seguir, se plantean los pasos secuenciales, sin embargo, se hace la salvedad de que el orden de estas actividades podría sufrir modificaciones en caso de existir una demanda laboral.

Fuente: autoría propia.

Plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A.

Este plan es el entregable a la empresa Estructuras S.A. en lo que respecta a este proyecto de graduación. En este se explica a la empresa constructora en cuestión como aplicar la metodología BIM de acuerdo con 3 ejes principales, los cuales corresponden a la organización, procesos y tecnología.

Cabe destacar que dicho plan, al ser un documento que tiene como único destino la empresa constructora, su formato y redacción son totalmente independientes a este documento. Este plan consta de 14 apartados y se encuentra de forma completa en el Apéndice 5. Las Figuras 27 y 28 mostradas a continuación presentan la portada y el índice de este plan.



Figura 27. Portada del Plan de Implementación.
Fuente: autoría propia.

Contenido

1. ¿Por qué Estructuras S.A. debe implementar BIM en sus procesos?	3
2. Retos significativos a superar.....	4
3. Factores relevantes para la implementación BIM	5
4. Objetivos BIM	6
Objetivos a corto plazo.....	6
Objetivos a largo plazo.....	7
5. Alcance de la implementación.....	7
Corto plazo.....	7
Largo plazo	7
6. Equipo Operacional BIM.....	8
7. Incorporación de la metodología BIM al diagrama de procesos tradicionales	12
Licitación pública-privada diseño-construcción.....	14
Licitación pública-privada construcción.....	20
8. Incorporación de software	23
Software de modelado	24
Software de validación y control BIM	25
Software de colaboración BIM	26
Software complementarios.....	29
9. Equipamiento tecnológico.....	30
10. Plan de capacitación para el personal.....	31
11. Recursos económicos para la implementación	37
12. Características del acceso al entorno común de datos	38
13. Serie de acciones a seguir	40
12. Conclusión y motivación	42
13. Recomendaciones.....	42
14. Referencias bibliográficas	44

Figura 28. Índice del Plan de Implementación.
Fuente: autoría propia.

Con el objetivo de evaluar el entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM por parte de la comisión BIM de la empresa, se realizó una presentación de dicho plan en la sala de reuniones de la empresa Estructuras S.A. y posterior a esta se llevó a cabo una evaluación de la comprensión de la presentación, a través de un cuestionario de Google, dicho cuestionario puede ser observado en el Apéndice 6 y sus respuestas pueden ser vistas en el Apéndice 7. A continuación se muestra un gráfico resumen en el cual se observa que de las 3 personas que completaron el cuestionario, de una totalidad de 12 puntos el puntaje más bajo correspondió a 8 puntos.

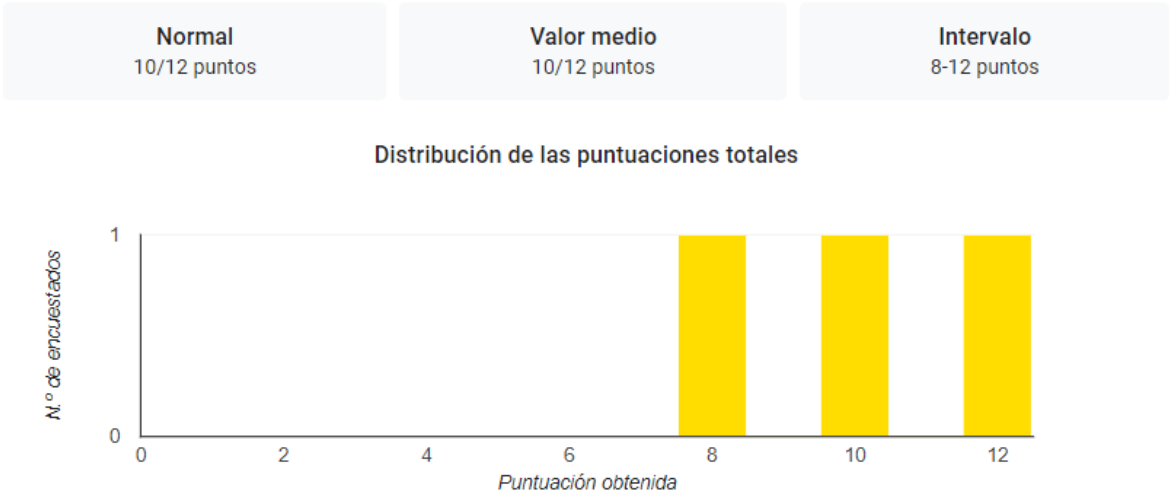


Figura 29. Resumen de puntuaciones referentes al cuestionario.
Fuente: Google Forms.

Con el apoyo de esta plataforma de Google, se evidenciaron las preguntas que fallaron los integrantes de la comisión BIM, por lo que se procedió a reforzar los puntos a los cuales se referían estas preguntas. A continuación se muestran dos preguntas las cuales los integrantes fallaron con mayor frecuencia, además, se muestran dos fotos que evidencian la realización de la presentación.

Pregunta	Respuestas correctas
1-Seleccione las razones por las cuales Estructuras S.A. debe implementar BIM en sus procesos	1/3
5-¿Cuáles son los cargos que se establecen en el equipo operacional BIM?	1/3

Figura 30. Preguntas que los integrantes fallaron con mayor frecuencia.
Fuente: Google Forms.

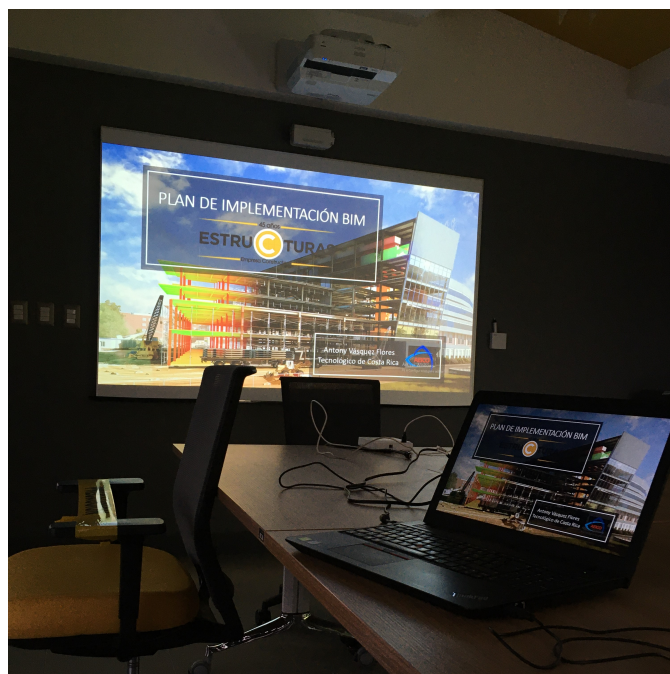


Figura 31. Presentación del Plan de Implementación BIM a la empresa Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.



Figura 32. Integrantes de la comisión BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

Conclusiones

- Se realiza en este proyecto de graduación un análisis del estado actual de la empresa constructora Estructuras S.A. arrojando este análisis que la empresa en su estructura organizacional no posee un departamento BIM, sin embargo, esta posee una comisión BIM que incentiva la implementación del BIM en los distintos proyectos que se desarrollan en la empresa, asimismo, este estudio arroja que la empresa no posee documentados los procesos de trabajo que realiza. Por último, esta indagación demuestra que la empresa dispone de tecnología para implementar la metodología BIM.
- Las entrevistas realizadas a expertos en la metodología BIM además de la revisión bibliográfica de ciertos documentos que explican la metodología BIM permitieron desarrollar el marco de referencia el cual recopila las buenas prácticas e información relevante para la implementación BIM. Este marco es el punto de partida en la elaboración del Plan de Implementación BIM Estructuras S.A.
- De acuerdo con las experiencias o lecciones aprendidas que han dejado utilizar la metodología BIM en la empresa y con base en la investigación realizada en este proyecto de graduación, es que se debe definir correctamente el alcance de los modelos BIM para los distintos proyectos, esto desembocará en que los entregables correspondan a productos esperados; y generen estos valor a las construcciones.
- El equipo operacional BIM que se propone se conforme en la empresa Estructuras S.A., permite a través de una serie de acciones a seguir, dirigir la implementación BIM, teniendo este también como función el fomentar la metodología BIM a los demás colaboradores de la empresa.
- La solución de software propuesta habilita a la empresa Estructuras S.A. abarcar los procesos BIM que se estipulan en el plan. Dichas herramientas tienen en su interior una de las claves del BIM como lo es la colaboración entre disciplinas.
- El costo total asociado a la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A. corresponde a \$7828,72. Lo anterior contempla hardware, software y capacitación. Este monto se considera adecuado para una empresa que desarrolla únicamente proyectos con valores por arriba del millón de dólares.
- El Plan de Implementación BIM desarrollado en este proyecto de graduación dirigido a la empresa constructora Estructuras S.A. es efectuado a la medida ya que surge a partir de un análisis del estado actual de la empresa. Dicho plan posee información teórica-práctica capaz de guiar a esta organización a una adopción del BIM.
- El éxito de una implementación BIM radica en la formación de su organización. El factor tecnología, si bien es costoso, no es el de mayor peso ya que los equipos en conjunto con

sus herramientas, necesitan ser utilizados por colaboradores que comprendan los flujos de trabajo en BIM.

- Con base en la evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM, la empresa Estructuras S.A., a través de su Comisión BIM, se encuentra capacitada para hacer uso de la misma.

Recomendaciones

- El Departamento de Ingeniería deberá analizar en cada proyecto la adición de licencias correspondientes a herramientas, las cuales sean incorporadas al presupuesto de la obra.
- El grupo operacional BIM deberá documentar todos los procesos de trabajo que realicen en la empresa. Lo anterior ayudará a identificar el estado actual de los distintos procesos con el fin de saber cómo mejorarlos. Dichos procesos de trabajo deberán tener asociados protocolos estandarizados.
- Se recomienda que las capacitaciones dadas por el Director BIM hacia los Ingenieros de Proyectos y Maestros de Obras en cuánto a los flujos de trabajo y la utilización de herramientas, sean impartidas próximas a la realización de un proyecto BIM. Lo anterior facilitará la puesta en práctica de los conocimientos a corto plazo, para evitar el olvido de estas inducciones por parte de los colaboradores.
- Bloquear la instalación de programas en las computadoras portátiles que utilicen el grupo operacional BIM que se propone en el Plan de Implementación BIM Estructuras S.A. Lo anterior permitirá a la empresa controlar la instalación de programas, necesitándose para completar dicha acción un usuario y una contraseña. Esto garantizará el óptimo rendimiento de las mismas.
- Comenzar mediante una licencia estudiantil, con la formación en línea de su dibujante/modelador en lo que respecta al software Archicad. Lo anterior debido a que dicho software es el segundo de más uso en Costa Rica.
- El Director BIM deberá utilizar a manera de demo diferentes tipos de software en lo que respecta a la administración de activos, esto con el apoyo del Departamento de Mantenimiento. A partir de lo anterior, se podrá implementar la plataforma que mejor se ajuste a las necesidades. Cabe destacar la importancia de la realización de demos, ya que es la única forma de observar las verdaderas ventajas y deficiencias de las plataformas.
- Debido a la existencia de un drone en la empresa, se recomienda la capacitación del Director BIM del equipo operacional BIM en lo que respecta a la técnica de fotometría para generar a través de la captura de realidad nubes de puntos a partir de las cuales se puedan crear elementos 3D que ayuden en las fase de planeación de los distintos proyectos.

Referencias

- Arreola, Javier (2018). *La productividad en la construcción, muy baja*. URL: <https://www.forbes.com.mx/la-productividad-en-la-construccion-muy-baja/>.
- Balestrini, Mirían (2006). *Cómo se elabora el proyecto de graduación*. Caracas: BL Consultores.
- Barbosa, Filipe y col. (2017). *Reinventing construction through a productivity revolution*. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>.
- Barco, David (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM*.
- BIM Forum Chile (2017). «Guía Inicial para implementar BIM en las organizaciones». En: URL: <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>.
- Bjork, Bo-Christer (2002). «The Impact of Electronic Document Management on Construction Information Management». URL: <http://itc.scix.net/pdfs/w78-2002-3.content.pdf>.
- Egan, J (1998). «Rethinking Construction, Report of the Construction Task Force on the Scope for Improving the Quality and Efficiency of the UK Construction Industry, Department of Environment, London». URL: https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/rethinking_construction_report.pdf.
- Falcon, Julio y Roberto Herrera (2005). «Análisis del dato estadístico». En: URL: <http://files.pnfa-iuty-yaracuy.webnode.com.ve/200000046-c8762c96c2/Analisis%20del%20Dato%20Estadistico.pdf>.
- Fortin, M (1999). *El Proceso de Investigación: de la concepción a la realización*. México: McGraw-Hill.
- García, Manuel y col. (2016). *El análisis de la realidad social: métodos y técnicas de investigación*. Madrid: Alianza.
- Hernández, Roberto, Carlos Fernández y María del Pilar Baptista (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- INEC (2019). *Estadísticas de la construcción*. Inf. téc. URL: <https://www.inec.cr/economia/estadisticas-de-la-construccion>.
- Levin, Richard y David Rubin (2004). *Estadística para administración y economía*. México: Pearson Educación.
- LOD Planner (2019). *The Ultimate BIM Software List for 2019*. URL: <https://www.lodplanner.com/bim-software/>.
- Lownertz, Kurt (1998). «Change and Exchange Electronic document management in building design». Stockholm. URL: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:14854/FULLTEXT01.pdf>.
- Mena, Mayra (2006). «Propuesta de requisitos funcionales para la gestión de documentos archivísticos electrónicos en la administración central del estado cubano». Tesis doct. URL: http://interpares.org/display_file.cfm?doc=ip1-2_dissemination_diss_mugica_2006.pdf.

- MIDEPLAN (2020). «Estrategia Nacional BIM Costa Rica». En:
- Mischke, Jan y Nick Baveystock (2017). *A la espera de una revolución en la construcción*. URL: <https://www.elfinancierocr.com/opinion/a-la-espera-de-una-revolucion-en-la-construccion/DF2SNJKW4NADTP23X5SIM5NOK4/story/>.
- Planbim (2019). *Estándar BIM para Proyectos Públicos*. URL: <https://planbim.cl/biblioteca/documentos/>.
- PMG (2018). «Proyecto Diagnóstico de Formación de Capital Humano en BIM». En: URL: <https://planbim.cl/wp-content/uploads/2018/01/informe-pmg.pdf>.
- Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Chicago: Grupo Independiente.
- Quintanilla, Sergio (2018). *¡BIM-BAN-BOOM! La onda expansiva del diseño y modelado virtual*. URL: <https://www.mundohvacr.com.mx/2017/08/bim-ban-boom-la-onda-expansiva-del-diseno-modelado-virtual/>.
- Rosenfield, Karissa (2012). *The Future of the Building Industry: BIM-BAM-BOOM!* URL: <https://www.archdaily.com/262008/the-future-of-the-building-industry-bim-bam-boom>.
- Sabino, Carlos (1992). *El proceso de investigación*. Caracas: Editorial Panapo.
- Serpell, A (2012). «Innovación tecnológica en la construcción». En:
- Tamayo, Mario (2003). *El proceso de la investigación científica*. Balderas: Editorial Limusa S.A.
- Universidad de Chile (2008). «Nociones básicas de estadística utilizadas en educación». En: URL: https://www.academia.edu/7521016/Nociones_B%C3%A1sicas_de_Estad%C3%ADstica_utilizadas_en_Educaci%C3%B3n_-_Chile_Universidad_de_Chile_.
- Valle, Rodrigo (2014). «Factores Claves y Metodología para Planificar la Implementación de BIM al Interior de una Empresa Constructora». Tesis doct. URL: <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Factores-Claves-y-Metodolog%C3%ADa-para-Planificar-la-Implementaci%C3%B3n-de-BIM-al-Interior-de-una-Empresa-Constructora.pdf>.

Apéndices

1.	Formulario Objetivos BIM	75
2.	Respuestas formulario Objetivos BIM	82
3.	Formulario Conocimientos BIM	89
4.	Respuestas formulario Conocimientos BIM	102
5.	Plan de Implementación BIM.	121
6.	Cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.	166
7.	Respuestas cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.	170

Apéndice 1. Formulario Objetivos BIM

Implementación BIM Estructuras S.A.

Este formulario correspondiente al relevamiento de datos institucionales surge en función del proyecto de graduación denominado "Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A." realizado por el estudiante de Ingeniería en Construcción Antony Vásquez Flores del Tecnológico de Costa Rica.

Objetivo general

- Comprender los objetivos generales BIM a corto y largo plazo.

Objetivos específicos

- Establecer de quién es la iniciativa y qué barreras tendrán que superarse.
- Identificar problemas que pueden optimizarse.
- Identificar beneficios en los proyectos que se han implementado la metodología BIM.
- Detectar cuáles áreas y procesos serán impactados por la implementación.
- Registrar quiénes son los responsables de las decisiones de la implementación.

***Obligatorio**

1- Nombre *

Tu respuesta

2- Apellidos *

Tu respuesta

(a) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.

Fuente: autoría propia.

3- Profesión *

- ☐ Ingeniera/o Civil
- ☐ Ingeniera/o en Construcción
- ☐ Ingeniera/o Industrial
- ☐ Arquitecta/o

4- Departamento de pertenencia *

Tu respuesta

5- Cargo *

Tu respuesta

6- Correo electrónico *

Tu respuesta

7- Teléfono *

Tu respuesta

(b) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

Implementación BIM Estructuras S.A.

***Obligatorio**

8- ¿Cree que BIM es el futuro de la información de los proyectos? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

9- ¿Cree que es provechoso su uso durante la construcción y operación? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

10-¿De cuál departamento es la iniciativa?

Tu respuesta _____

(c) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

11-¿Se han logrado identificar beneficios en los proyectos que han implementado la metodología BIM? *

Si su respuesta es "Sí" proceda a responder la siguiente pregunta. Si su respuesta es "No" proceda a omitir la siguiente pregunta.

☐ Sí

☐ No

12-¿Cuáles beneficios ha logrado identificar?

Tu respuesta

(d) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

13-¿Cuáles de los siguientes problemas considera que pueden optimizarse con el uso de BIM? *

Seleccione todos los que correspondan según su criterio.

- ☐ Compresión de objetivos por todos los actores intervinientes
- ☐ Fiabilidad de la información utilizada
- ☐ Calidad de los proyectos
- ☐ Calidad de los entregables
- ☐ Fiabilidad de los productos
- ☐ Problemas de procesos y procedimientos
- ☐ Incumplimientos de cronogramas
- ☐ Optimización del uso de presupuesto
- ☐ Poca compresión y visualización 3D de los proyectos
- ☐ Baja calidad de planos As-Built con información nula para la administración de activos
- ☐ Falta de coordinación espacial (Choque de sistemas electromecánicos en obra)
- ☐ Otro: _____

14-¿Cuáles son los objetivos a corto plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM? *

Deben definirse en forma concreta, cuantificados a través de indicadores. Ej.: Minimizar a 10 el número de versiones de planos.

Tu respuesta

(e) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

15-¿Cuáles son los objetivos a largo plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?

Deben definirse en forma concreta, cuantificados a través de indicadores. Ej.: Minimizar a 10 el número de versiones de planos.

Tu respuesta

16- ¿Cuál será el alcance de la implementación? ¿Hasta dónde se quiere llegar?

Seleccione todas las correspondientes.

- ☐ En la licitación y adjudicación
- ☐ En la construcción y desarrollo del proyecto
- ☐ En la operación

17- De acuerdo con los objetivos, ¿qué áreas y qué actividades serán impactadas por la implementación? *

Tu respuesta

18- ¿Qué barreras se tendrán que superar para enfrentar el cambio? *

Tu respuesta

(f) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

19-¿Hay un presupuesto designado para la implementación?

No importa el monto destinado sino si se tienen estipulados presupuestariamente los recursos necesarios.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Otro: _____

20-¿Existe alguna normativa que pueda tener impacto en la implementación BIM? *

- ☐ Legislación que regula la obra pública
- ☐ Legislación que regula adquisiciones y contrataciones del estado
- ☐ Normas de calidad
- ☐ Normativa BIM
- ☐ No sé

21-¿Existen pautas para la contratación de tecnología que puedan condicionar la implementación?

- ☐ Sí
- ☐ No

(g) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

22-¿Quiénes son los responsables de las decisiones de la implementación?

Esta pregunta refiere a quién o quienes validarán las propuestas que se establezcan durante el proyecto.

Tu respuesta

(h) Formulario Objetivos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.

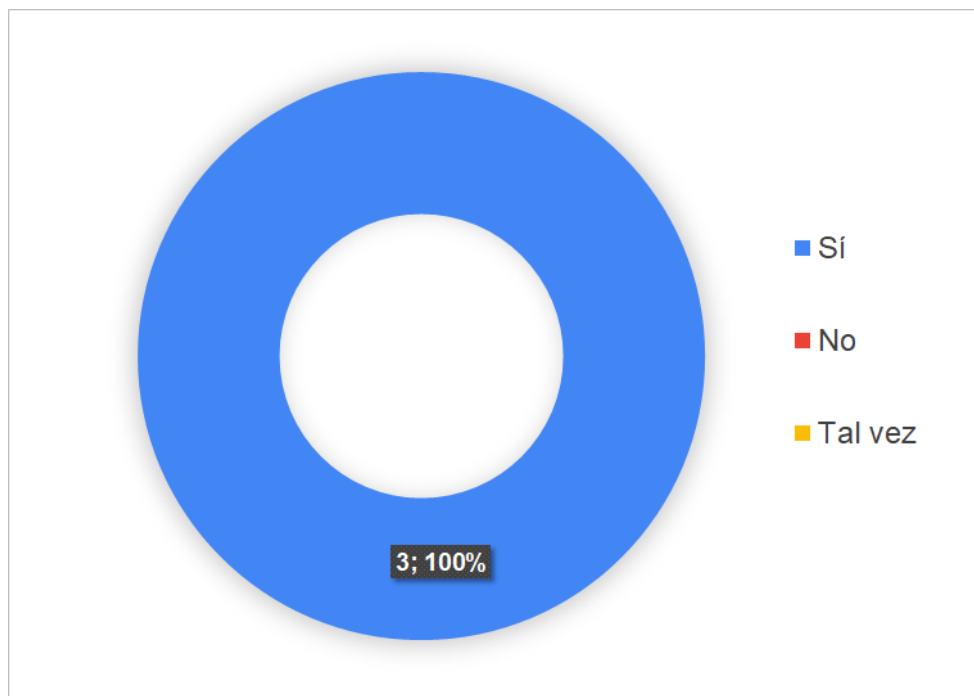
Fuente: autoría propia.

Apéndice 2. Respuestas formulario Objetivos BIM

Nombre	Apellidos	Correo electrónico	Teléfono
Oscar	Corrales Zúñiga	oscarcorrales@estructurassa.com	88213086
Fabian	Matamoros Brenes	fmatamoros@estructurassa.com	88166487
Wendy	Salazar Mora	wsalazar@estructurassa.com	88803634

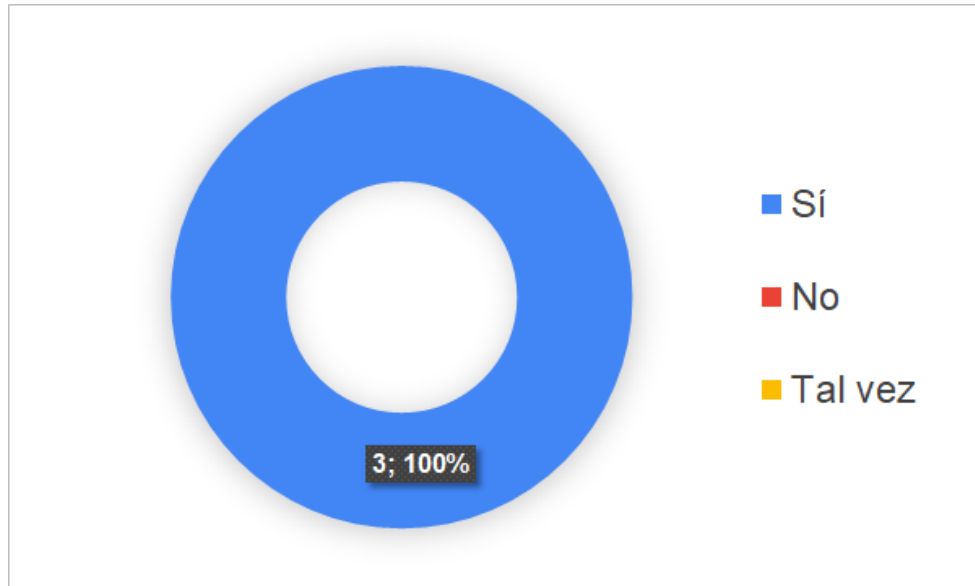
(a) Datos de las personas que completaron el formulario.

Fuente: autoría propia.

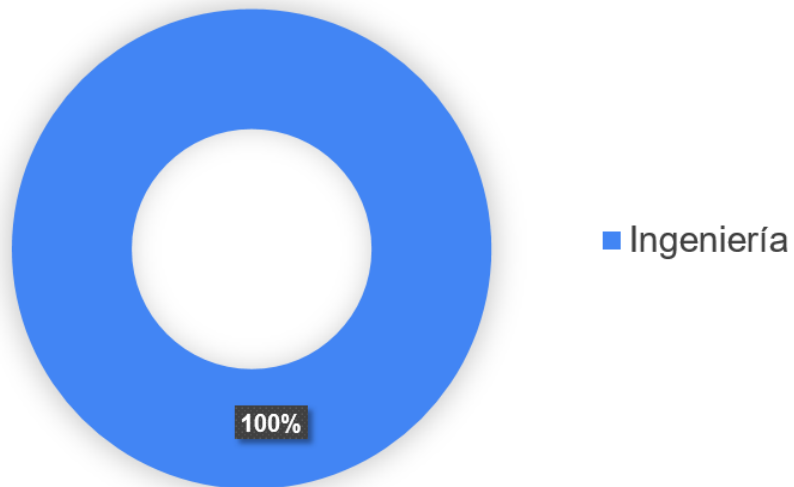


(b) ¿Cree que BIM es el futuro de la información de los proyectos?

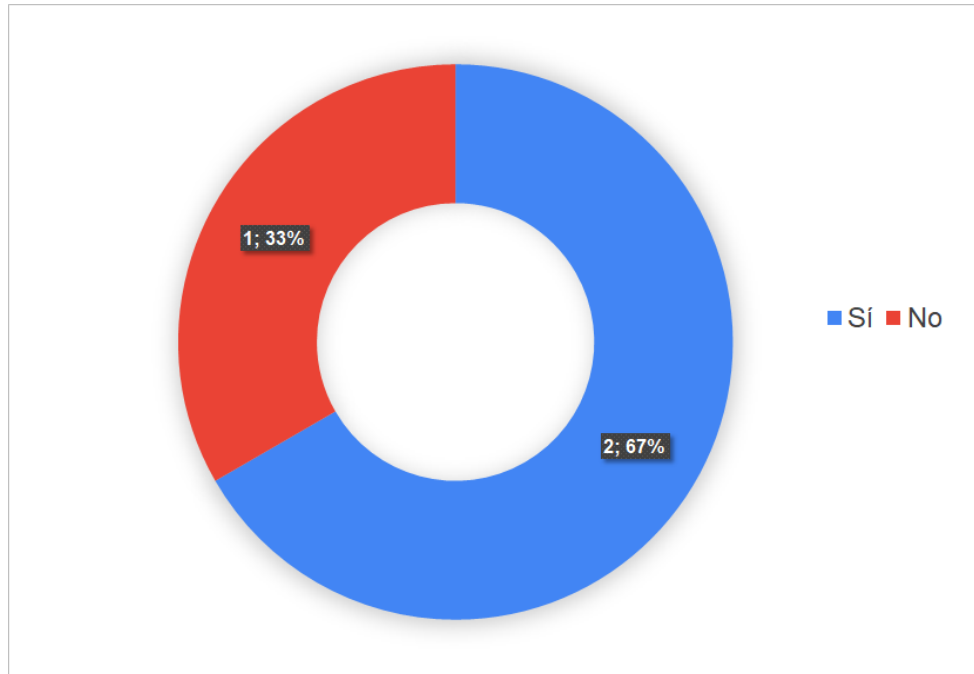
Fuente: autoría propia.



(c) ¿Cree que es provechoso su uso durante la construcción y operación?
Fuente: autoría propia.



(d) ¿De cuál departamento es la iniciativa?
Fuente: autoría propia.



(e) ¿Se han logrado identificar beneficios en los proyectos en los cuáles se ha implementado la metodología BIM?

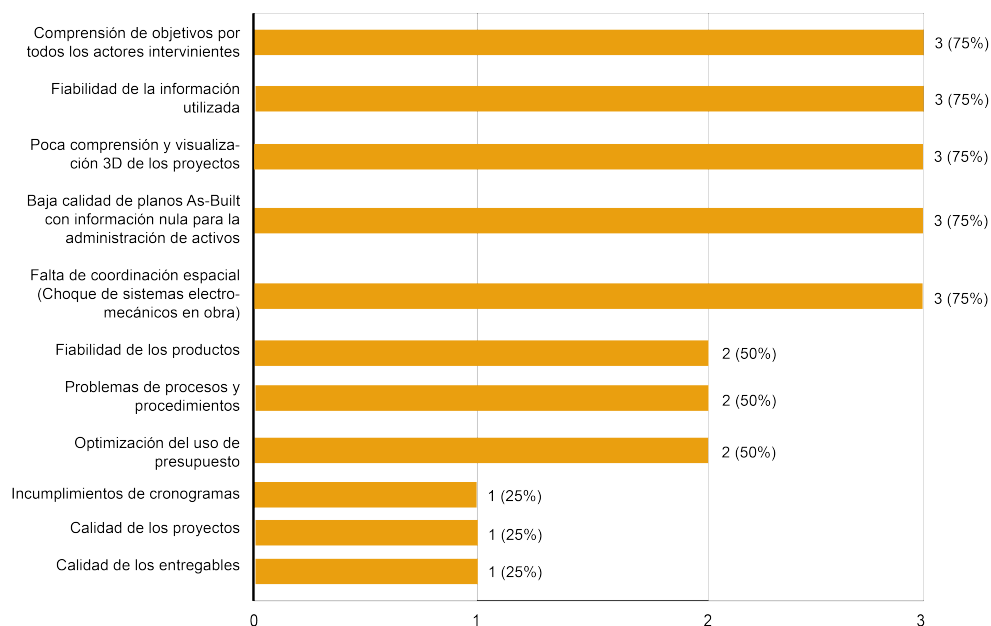
Fuente: autoría propia.

- Mejorar visualización de detalles
- Detección de conflictos entre sistemas

Se han logrado detectar interferencias y soluciones a problemas antes de que se construya

(f) ¿Cuáles beneficios ha logrado identificar?

Fuente: autoría propia.



(g) ¿Cuáles de los siguientes problemas considera que pueden optimizarse con el uso de BIM?

Fuente: autoría propia.

- Implementar herramientas para visualización en campo
- Mejorar el manejo de versiones de planes del proyecto
- Disminuir problemas constructivos por choques de sistemas

- Revisar interferencias de disciplinas antes de que se construya
- Hacer planos de construcción más elaborados y fiables
- Optimizar los presupuestos

Mejorar la coordinación entre las diferentes áreas involucradas en el proyecto

(h) ¿Cuáles son los objetivos a corto plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?

Fuente: autoría propia.

Trabajar con plataforma virtual en todos los proyectos y presupuestos

- Reducir los plazos de construcción de los proyectos
- Mejorar la comunicación de los proyectos
- Mejorar los planos as built
- Optimizar los costos

Identificación y cuantificación de incidencias en el proyecto

(i) ¿Cuáles son los objetivos a largo plazo que se quieren cumplir con la implementación BIM?

Fuente: autoría propia.

En la licitación y adjudicación, en la construcción y desarrollo del proyecto, en la operación

En la construcción y desarrollo del proyecto

En la licitación y adjudicación, en la construcción y desarrollo del proyecto, en la operación

(j) ¿Cuál será el alcance de la implementación? ¿Hasta donde se quiere llegar?

Fuente: autoría propia.

Presupuestos, proyectos y mantenimiento

Tiempo, plazo, costos y calidad

Ingeniería, desde presupuesto hasta la coordinación del proyecto

(k) De acuerdo a los objetivos, ¿qué áreas y que actividades serán impactadas por la implementación?

Fuente: autoría propia.

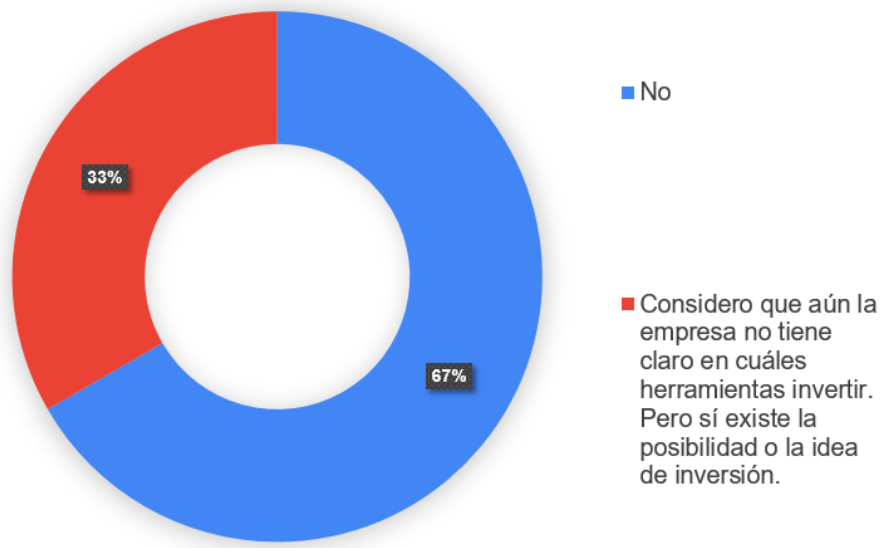
- Mejorar sistemas de comunicación de la empresa
- Manejo de la información interna
- Estrategia de cambio de hardware y software

Tecnología y el desconocimiento

Entender la importancia de unificar los sistemas en un modelo. Revisión de las herramientas utilizadas actualmente para que la implementación sea realizable. (Computadoras, iPads, etc)

(l) ¿Qué barreras se tendrán que superar para enfrentar el cambio?

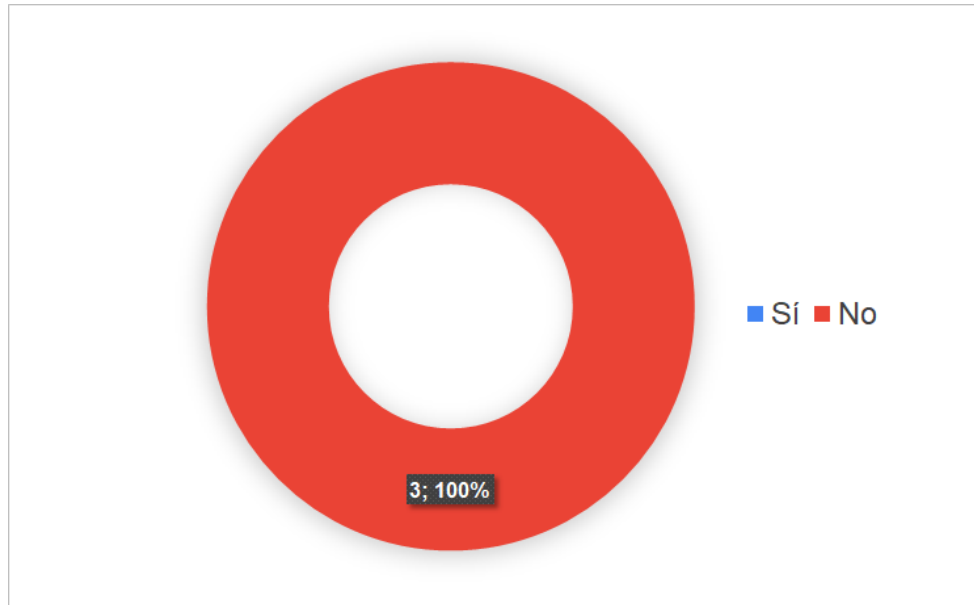
Fuente: autoría propia.



(m) ¿Hay un presupuesto designado para la implementación?
Fuente: autoría propia.



(n) ¿Existe alguna normativa que pueda tener impacto en la implementación BIM?
Fuente: autoría propia.



(o) ¿Existen pautas para la contratación de tecnología que puedan condicionar la implementación?
Fuente: autoría propia.

- Comisión BIM Estructuras / Gerencia
- La gerencia de la empresa
- BIM manager, ingeniero del proyecto

(p) ¿Quiénes son los responsables de las decisiones de la implementación?
Fuente: autoría propia.

Apéndice 3. Formulario Conocimientos BIM

Implementación BIM Estructuras S.A.

Este formulario correspondiente al revelamiento de datos institucionales surge en función del proyecto de graduación denominado "Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A." realizado por el estudiante de Ingeniería en Construcción Antony Vásquez Flores del Tecnológico de Costa Rica.

Nota: Este formulario no pretende evaluar internamente el personal ni el rendimiento del mismo, es en sí un ejercicio académico.

Objetivos

- Recolectar información sobre el conocimiento BIM existente en los equipos.
- Registrar información en lo que respecta al software y hardware que se tiene en la empresa.

***Obligatorio**

1- Nombre *

Tu respuesta

2- Apellidos *

Tu respuesta

(a) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.

Fuente: autoría propia.

3- Profesión *

- ☐ Ingeniera/o Civil
- ☐ Ingeniera/o en Construcción
- ☐ Ingeniera/o Industrial
- ☐ Arquitecta/o
- ☐ Administrador/a
- ☐ Técnica/o en Construcción
- ☐ Otro: _____

4-Departamento de pertenencia *

Tu respuesta _____

5-Cargo *

Tu respuesta _____

6-Correo electrónico *

Tu respuesta _____

(b) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

7- Teléfono *

Tu respuesta

8- ¿Cuál es su rango de edad? *

- ☐ 24 o menos
- ☐ 25 a 34
- ☐ 35 a 44
- ☐ 45 a 54
- ☐ 55 a 64
- ☐ 65 o más

(c) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

Implementación BIM Estructuras S.A.

*Obligatorio

Conocimientos BIM

9- Previo a este formulario, ¿había escuchado sobre BIM? *

- ☐ No, nunca lo había escuchado
- ☐ Si, tengo una idea general
- ☐ Si, sé de qué se trata pero no lo aplico
- ☐ Si, sé de qué se trata y lo aplico

(d) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

10-¿Para qué considera que sirve BIM? *

Seleccione todos los que correspondan.

- ☐ Modelado 3D
- ☐ Elaboración de planos constructivos
- ☐ Visualización 3D (perspectivas, videos, etc)
- ☐ Verificación de interferencias entre disciplinas
- ☐ Análisis de rendimiento energético, acústico, estructural
- ☐ Cómputo y presupuesto
- ☐ Planificación de obra
- ☐ Control de obra
- ☐ Gestión, operación y mantenimiento
- ☐ Colaboración en la nube con otras disciplinas
- ☐ Otro: _____

11-Qué grado de conocimiento de la metodología tiene *

Ninguno: No posee conocimiento alguno. Básico: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso autodidacta o un curso básico. Intermedio: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso intermedio o un curso autodidacta. Avanzado: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso avanzado o un curso autodidacta certificado y lecciones aprendidas.

- ☐ Ninguno
- ☐ Básico
- ☐ Intermedio
- ☐ Avanzado

(e) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

12-¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? *

Ninguno: No posee conocimiento alguno. Básico: Posee conocimientos adquiridos autodidactamente o mediante un curso básico. Intermedio: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso intermedio o autodidactamente a partir de una base. Avanzado: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso avanzado o autodidactamente a partir de bases certificada y lecciones aprendidas.

	Ninguno	Básico	Intermedio	Avanzado
Conocimientos generales sobre alcances de la metodología BIM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modelado de arquitectura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modelado de estructura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modelado de instalaciones (MEP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modelado de topografía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visualización de modelos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(f) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? *

Ninguno: No posee conocimiento alguno. Básico: Posee conocimientos adquiridos autodidactamente o mediante un curso básico. Intermedio: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso intermedio o autodidactamente a partir de una base. Avanzado: Posee conocimientos adquiridos mediante un curso avanzado o autodidactamente a partir de bases certificada y lecciones aprendidas.

	Ninguno	Básico	Intermedio	Avanzado
Uso de Entorno Común de Datos (BIM360, Bluebeam, PlanGrid, etc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estimación de cantidades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coordinación 3D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planificación de obra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control de obra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modelado as-built	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión de activos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(g) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

13-En el caso de tener otro conocimiento de los arriba mostrados, nombrar su conocimiento y su respectivo alcance.

Tu respuesta

14-¿En cuál ámbito se capacitó? *

- ☐ No me capacité
- ☐ Público
- ☐ Privado

15-¿Cuál fue la modalidad de la capacitación? *

- ☐ No me capacité
- ☐ Presencial
- ☐ Virtual

(h) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

16-¿Cómo aprendió BIM? *

Seleccione todos los que correspondan.

- ☐ No me capacité
- ☐ Me enseñaron colegas en el trabajo
- ☐ Me enseñaron colegas fuera del trabajo
- ☐ Autodidacta a partir de información producida en CR
- ☐ Autodidacta a partir de información producida en otros países
- ☐ Hice un curso
- ☐ Hice un posgrado
- ☐ Hice una maestría

17-Si realizó uno o varios cursos, ¿cuál o cuáles fueron?

Tu respuesta

18-¿Cómo calificaría esa experiencia? *

- ☐ No me capacité
- ☐ Buena
- ☐ Regular
- ☐ Mala

(i) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

19-Opiniones o sugerencias relacionadas con el curso o capacitación

Ignore esta pregunta si no se ha capacitado en el tema.

Tu respuesta

20-¿Cómo calificaría esa experiencia en cuanto a las posibilidades de implementar lo abordado en su trabajo cotidiano en BIM? *

En caso de contar con más de una experiencia, indique por favor la que usted considera más importante.

- ☐ No me capacité
- ☐ En uso
- ☐ Muy posible a corto plazo
- ☐ Bajas posibilidades a corto plazo y muy posible a largo plazo
- ☐ Bajas posibilidades a corto y a largo plazo
- ☐ Ninguna posibilidad
- ☐ Otro: _____

21-¿Aplica sus conocimientos BIM laboralmente? *

- ☐ No me capacité
- ☐ Si
- ☐ No

(j) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

22-¿Qué experiencias, beneficios o lecciones aprendidas le ha dejado utilizar la metodología?

Ignore esta pregunta si no se ha capacitado en la metodología.

Tu respuesta

23-¿Le interesa capacitarse en temas relacionados con la correcta implementación de BIM en su labor diaria? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Me es indiferente

24-¿Si se tuviese que capacitar en algún tema relacionado a BIM como lo preferiría? *

- ☐ Presencial nocturno
- ☐ Virtual nocturno (días y horas establecidas)
- ☐ Presencial en horario laboral y en las instalaciones de la empresa
- ☐ Virtual (con acceso en cualquier momento al contenido y evaluaciones)

(k) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

25- ¿Considera que desde su lugar puede proponer ideas para mejorar? *

☐ Si

☐ No

☐ Otro: _____

26- Opiniones o sugerencias relacionadas con el tema

Cualquier aporte es valioso para la investigación y su opinión o sugerencia será confidencial.

Tu respuesta _____

(I) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.
Fuente: autoría propia.

Implementación BIM Estructuras S.A.

***Obligatorio**

Software y Hardware

27-¿Utiliza algún software? *

Mencione la totalidad que usa ya sea para cuantificar, presupuestar, para colaborar, para verificar, para organizar la información, para visualizar. Ejemplo Revit, Takeoff, Navisworks, BIM360, OneDrive, etc.

Tu respuesta _____

28-¿Con qué hardware cuenta para trabajar? *

Seleccionar todos los que correspondan.

☐ Computadora de escritorio

☐ Computadora portátil

☐ iPad

☐ Otro: _____

(m) Formulario Conocimientos BIM Implementación BIM Estructuras S.A.

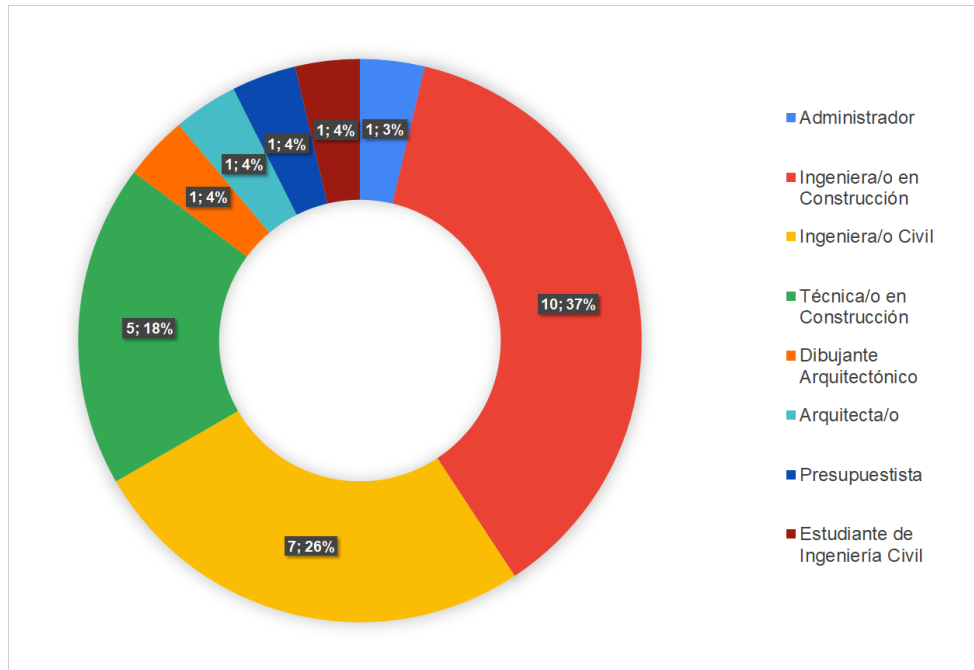
Fuente: autoría propia.

Apéndice 4. Respuestas formulario Conocimientos BIM

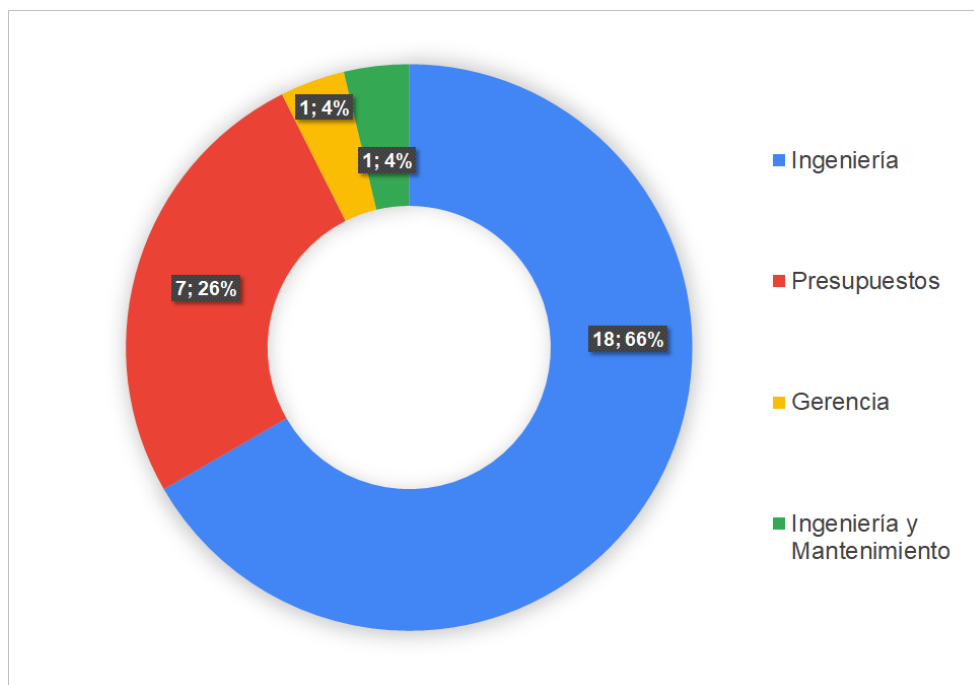
Nombre	Apellidos	Correo electrónico	Teléfono
Jorge Adrián	Umaña Montoya	ingenieria@estructurassa.com	22790232
Karolyn	Villalobos Vargas	karolynvillalobos@estructurassa.com	86160489
Sleider	Jiménez Delgado	sjimenez@estructurassa.com	63903049
Tatiana	Calderon	tatianacalderon@estructurassa.com	86841447
Josselyn	Serrano Montenegro	jserrano@estructurassa.com	86248400
Jimmy	Madriz Mata	jmadriz@estructurassa.com	89102890
Sofia	Arias Carranza	sarias@estructurassa.com	88940386
Javier	Muñoz Vieto	javiermunoz@estructurassa.com	22790232
Ruth	Leiva Villalobos	dibujante@estructurassa.com	63912504
Meryann	Rivas Sánchez	meryrivas@estructurassa.com	86469825
Greivin	Alpizar	galpizar@estructurassa.com	87648234
Oscar	Corrales Zúñiga	oscarcorrales@estructurassa.com	88213086
Karla	Umaña López	kumana@estructurassa.com	87228965
Manuel	Pineda	mpineda@estructurassa.com	88551590
Cesar	Sandino Uba	presupuestos@estructurassa.com	22790232
Mario Alberto	Vargas Brenes	mante@estructurassa.com	87130732
Miguel	Del Valle Flores	mdelvalle@estructurassa.com	70152044
Luis Diego	Navarro Hernández	dnavarro@estructurassa.com	83470350
Manuel	Rodríguez Amador	manuelrodriguez@estructurassa.com	83891697
Gabriela	Salas Dittel	gsalas@estructurassa.com	88795337
Wendy	Porras	wporras@estructurassa.com	84863545
Wendy	Salazar Mora	wsalazar@estructurassa.com	88803634
Jose Pablo	Hernández Rivera	jose_pablo_007@hotmail.com	86373133
Egberth	Blanco Valverde	eblanco@estructurassa.com	84774072
Josué	Ramírez Siles	jramirez@estructurassa.com	72338891
Edwin	Hernandez Villalobos	ehernandez@estructurassa.com	83392418
Fabian	Matamoras Brenes	fmatamoras@estructurassa.com	88166487

(a) Datos de las personas que completaron el formulario.

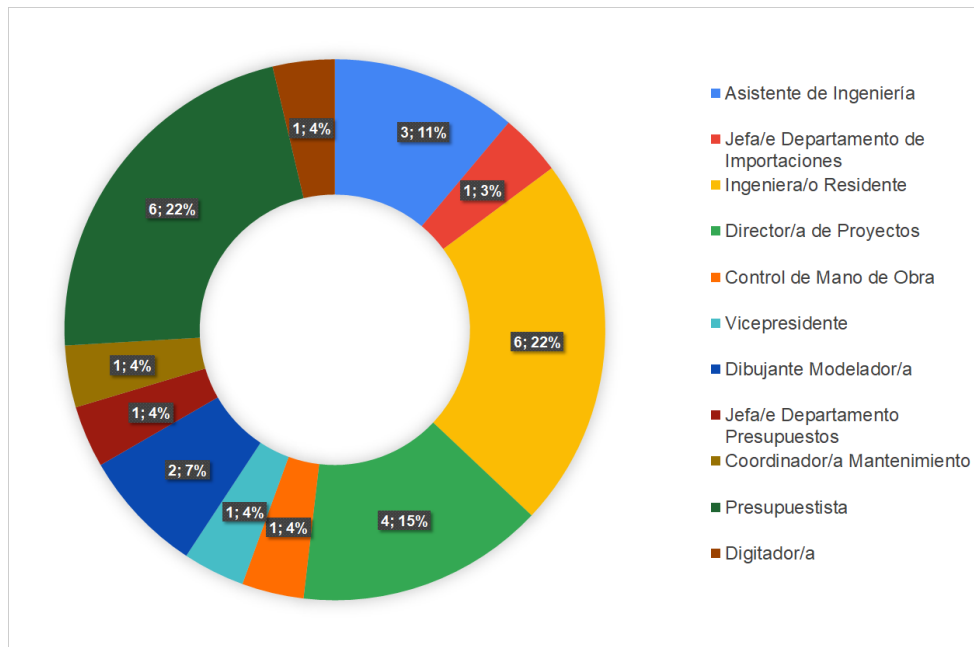
Fuente: autoría propia.



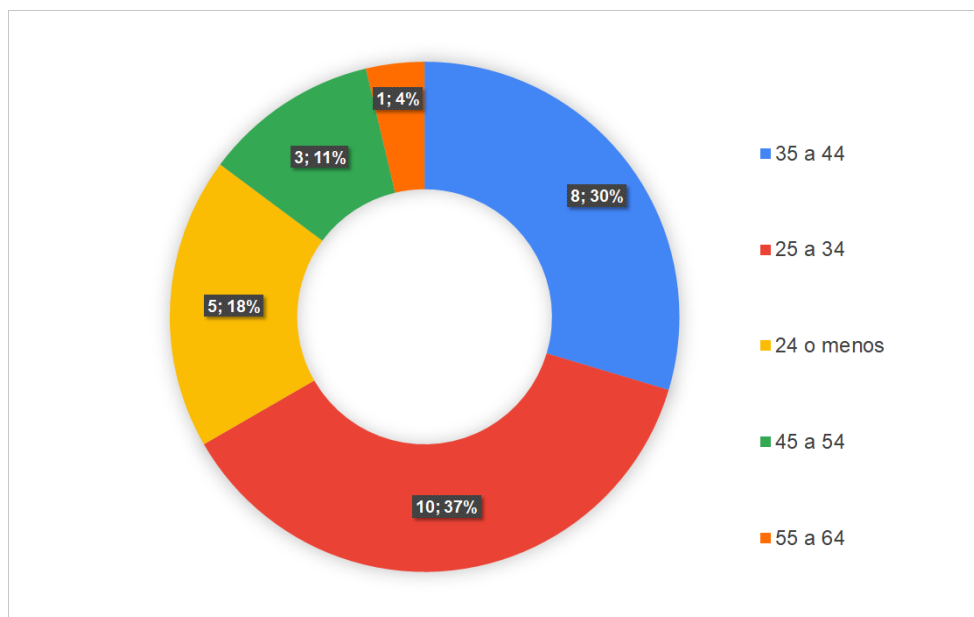
(b) Profesión.
Fuente: autoría propia.



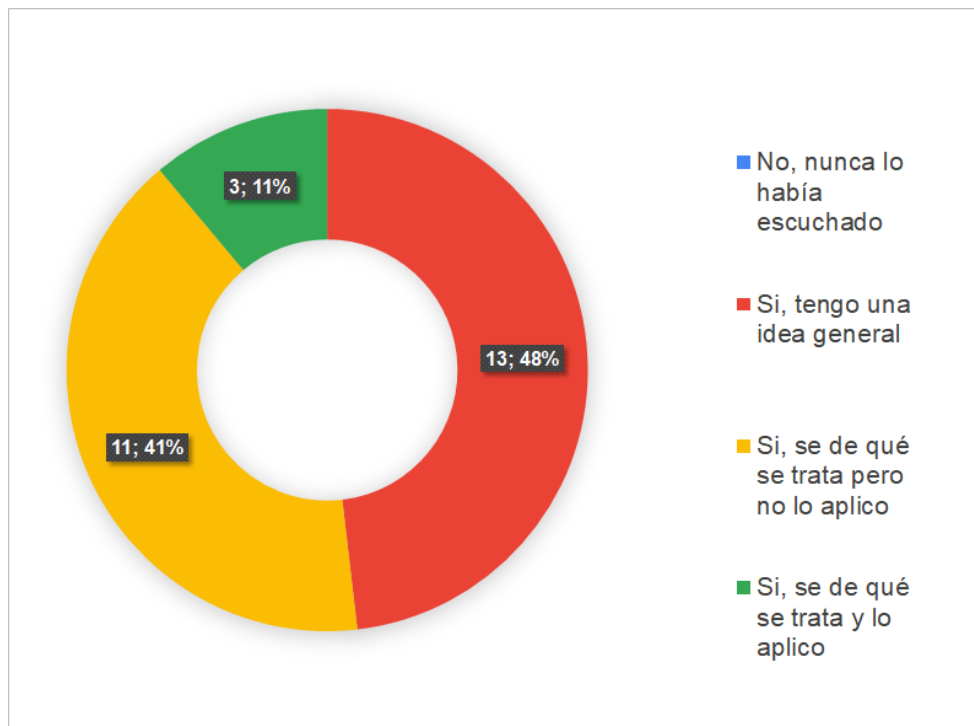
(c) Departamento de pertenencia.
Fuente: autoría propia.



(d) Cargo.
Fuente: autoría propia.

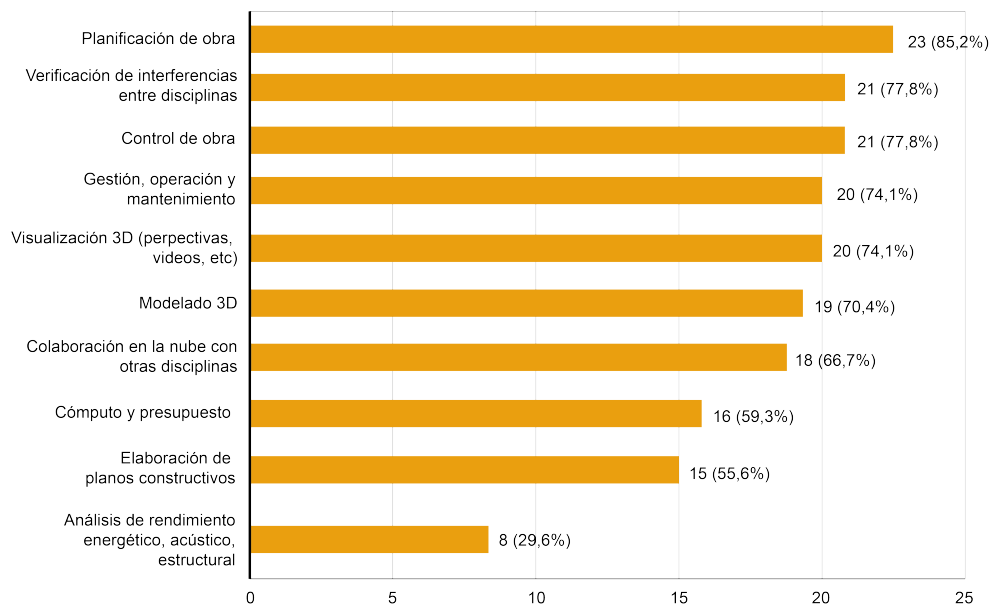


(e) ¿Cuál es su rango de edad?
Fuente: autoría propia.



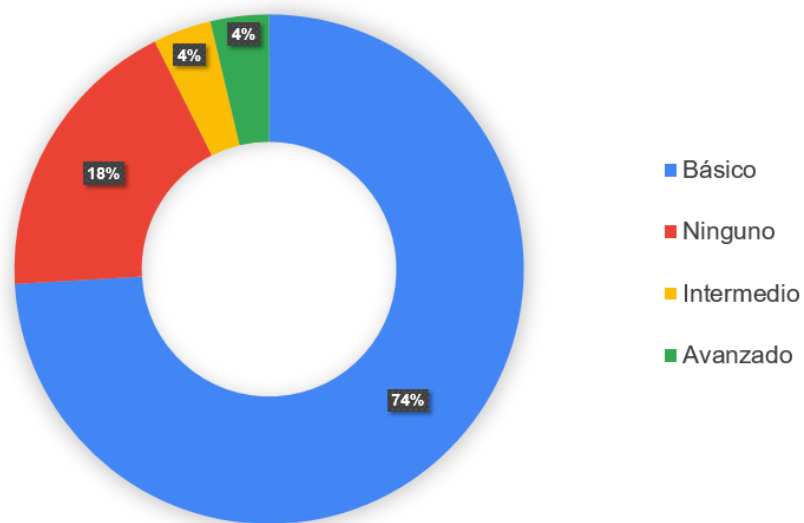
(f) Previo a este formulario, ¿había escuchado sobre BIM?

Fuente: autoría propia.

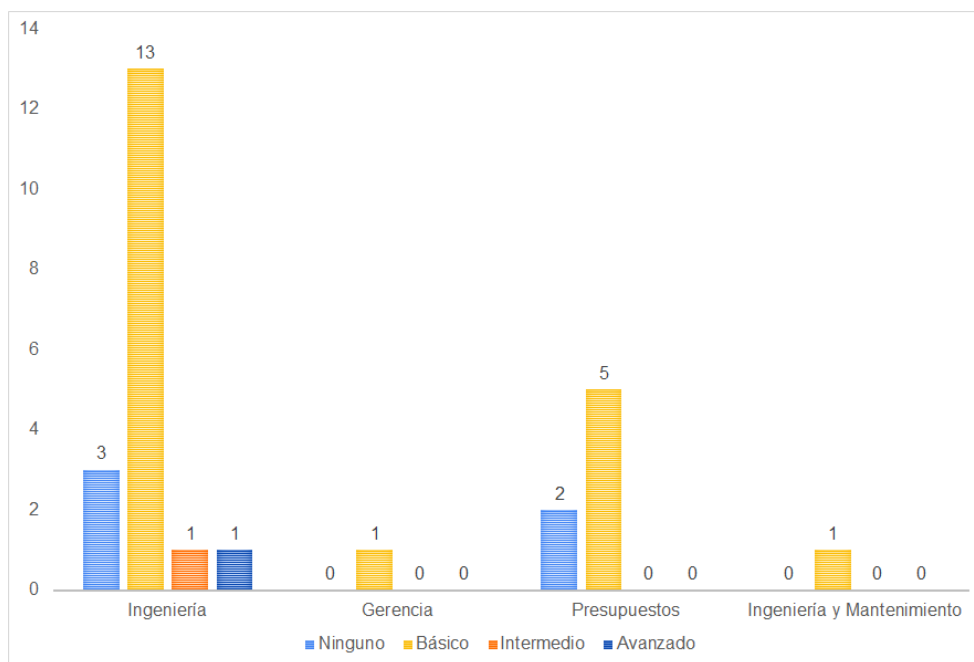


(g) ¿Para qué considera que sirve BIM?

Fuente: autoría propia.

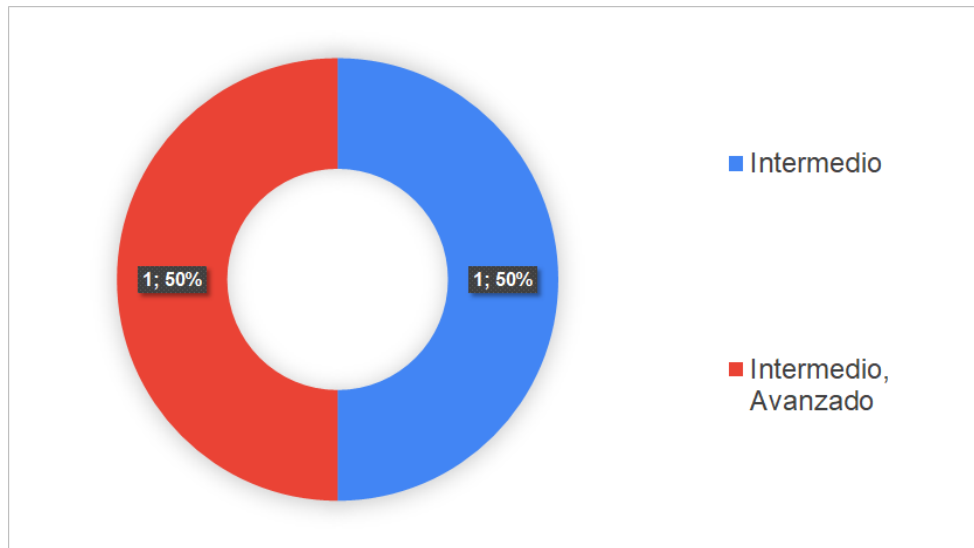


(h) Qué grado de conocimiento de la metodología tiene.
Fuente: autoría propia.



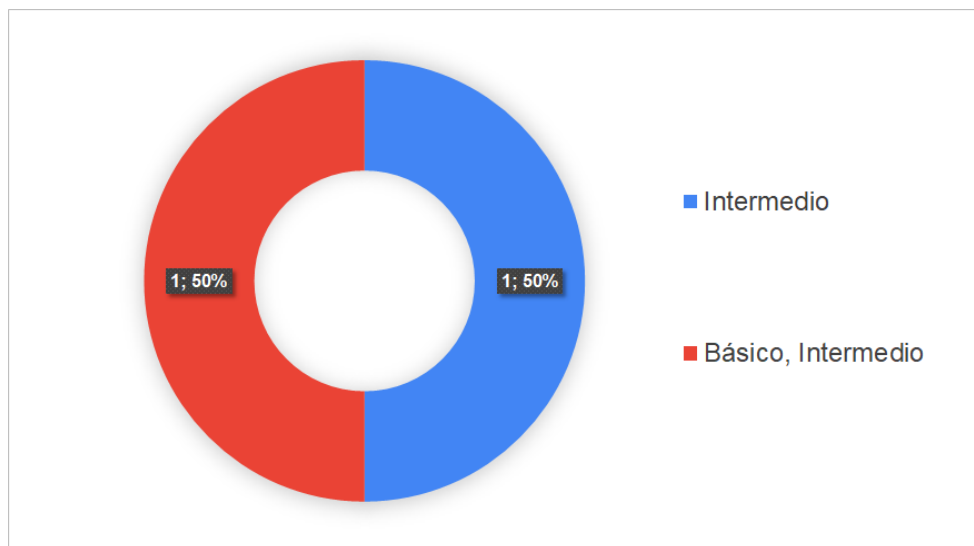
(i) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Conocimientos generales sobre alcances de la metodología BIM]

Fuente: autoría propia.



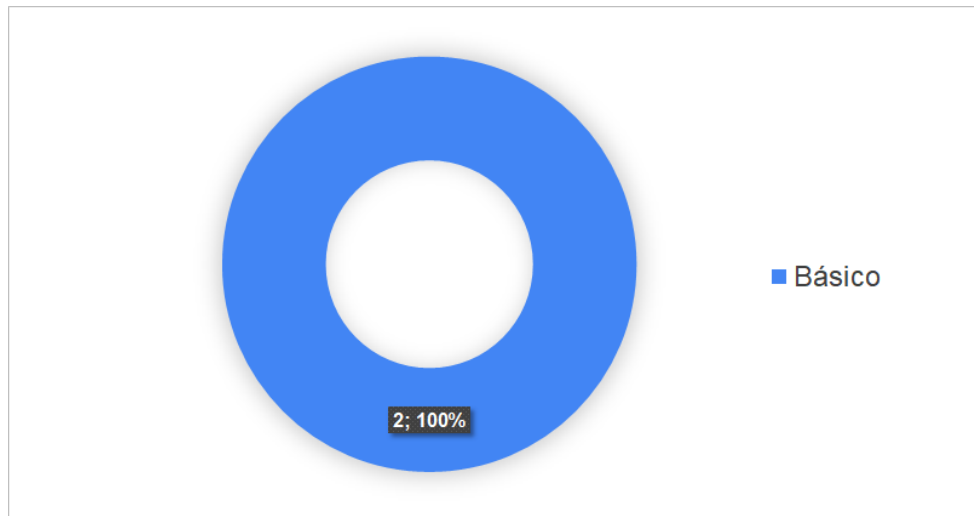
(j) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Modelado de arquitectura]
Fuente: autoría propia.

Nota: solo se analizan las respuestas de las personas que tienen como cargo Dibujante Modelador/a.



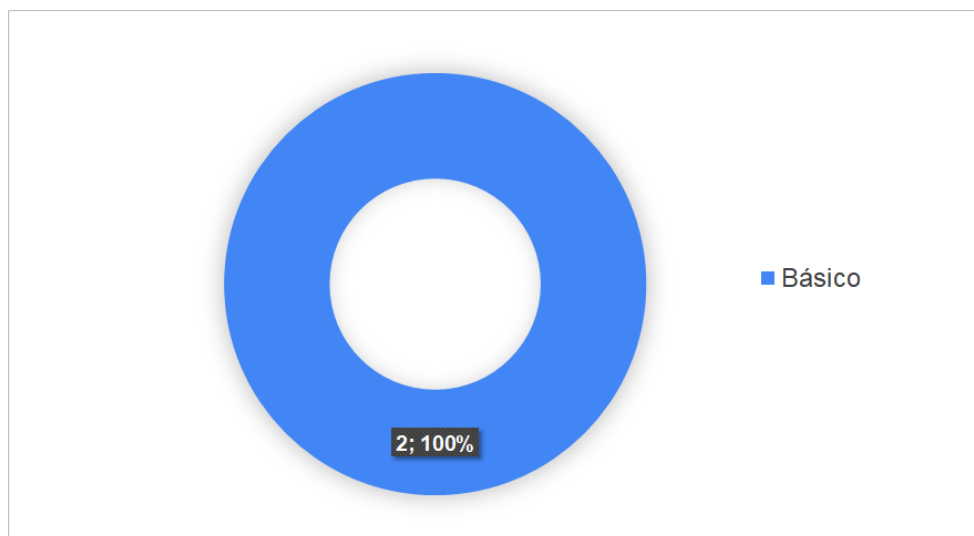
(k) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Modelado de estructura]
Fuente: autoría propia.

Nota: solo se analizan las respuestas de las personas que tienen como cargo Dibujante Modelador/a.



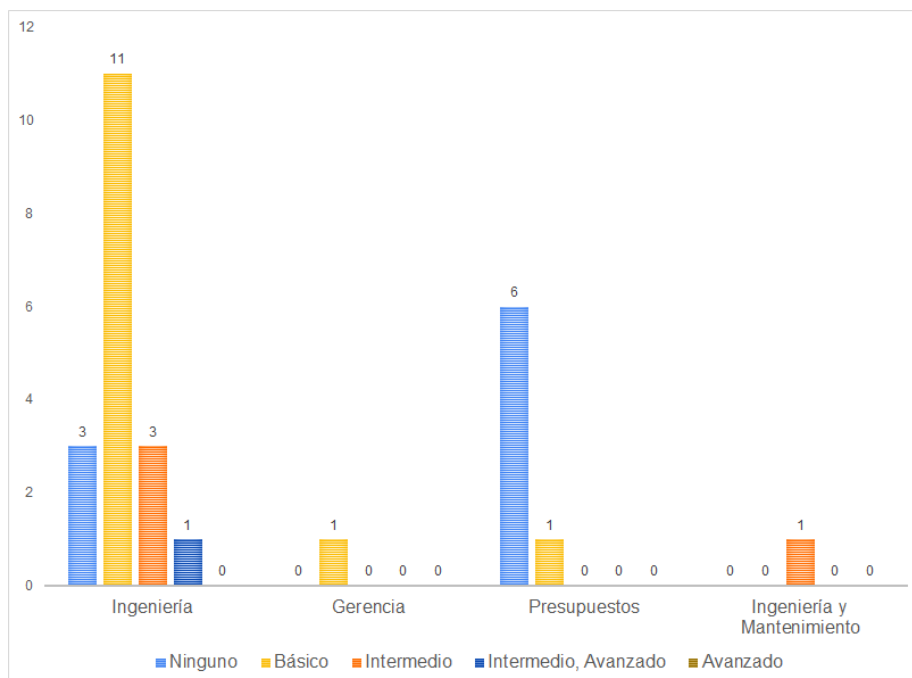
(l) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Modelado de instalaciones (MEP)]
Fuente: autoría propia.

Nota: solo se analizan las respuestas de las personas que tienen como cargo Dibujante Modelador/a.

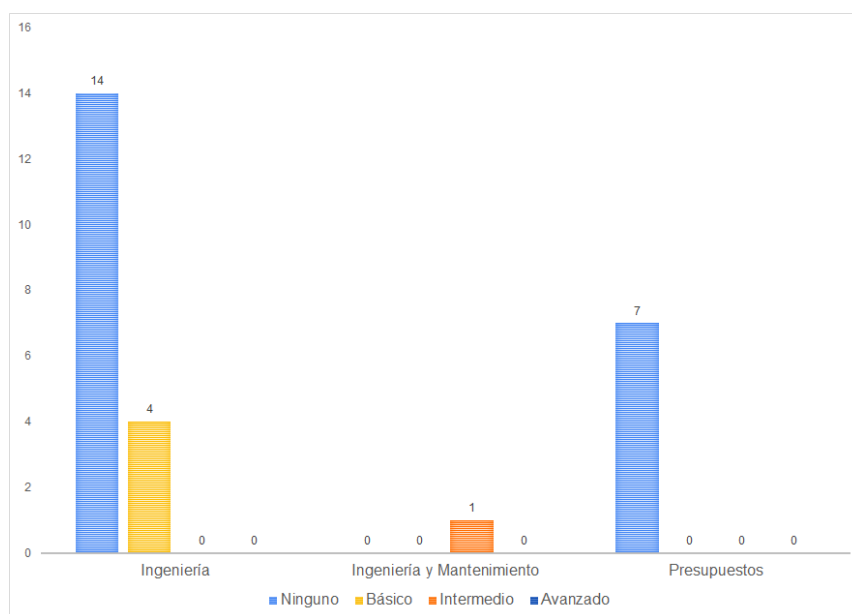


(m) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Modelado de topografía]
Fuente: autoría propia.

Nota: solo se analizan las respuestas de las personas que tienen como cargo Dibujante Modelador/a.



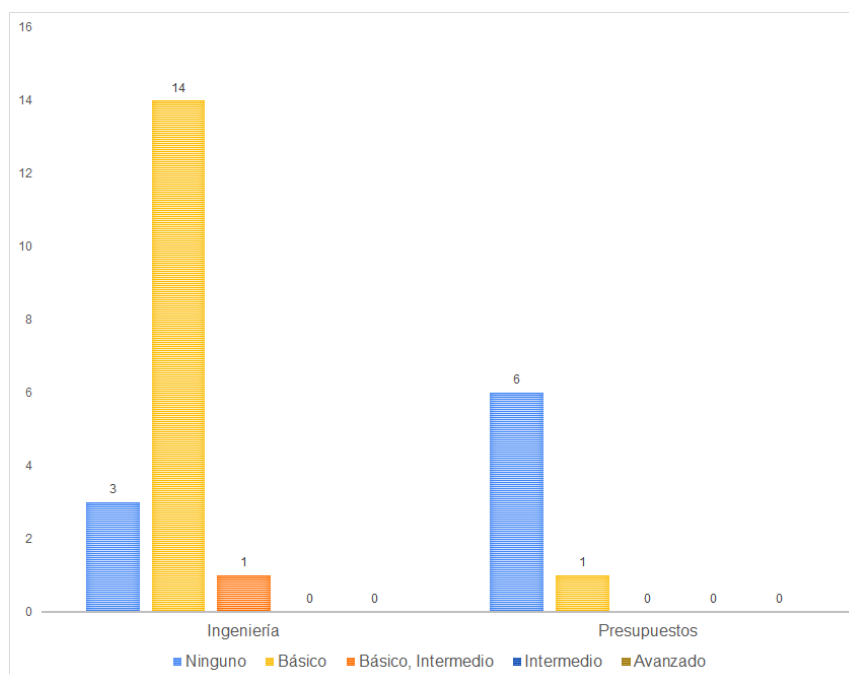
(n) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Visualización de modelos]
Fuente: autoría propia.



(o) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Uso de Entorno Común de Datos (BIM360, Bluebeam, PlanGrid, etc)]

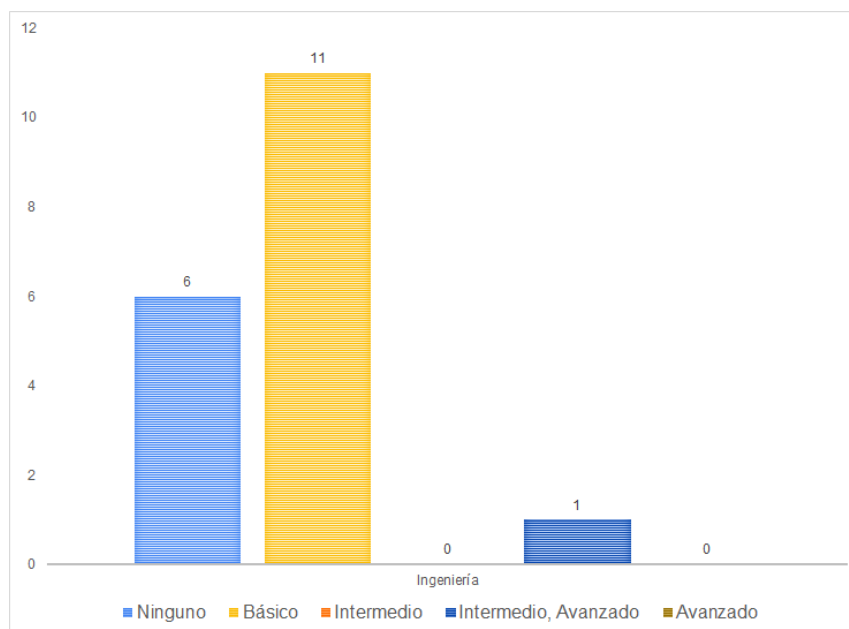
Fuente: autoría propia.

Nota: Se excluye el departamento de gerencia.



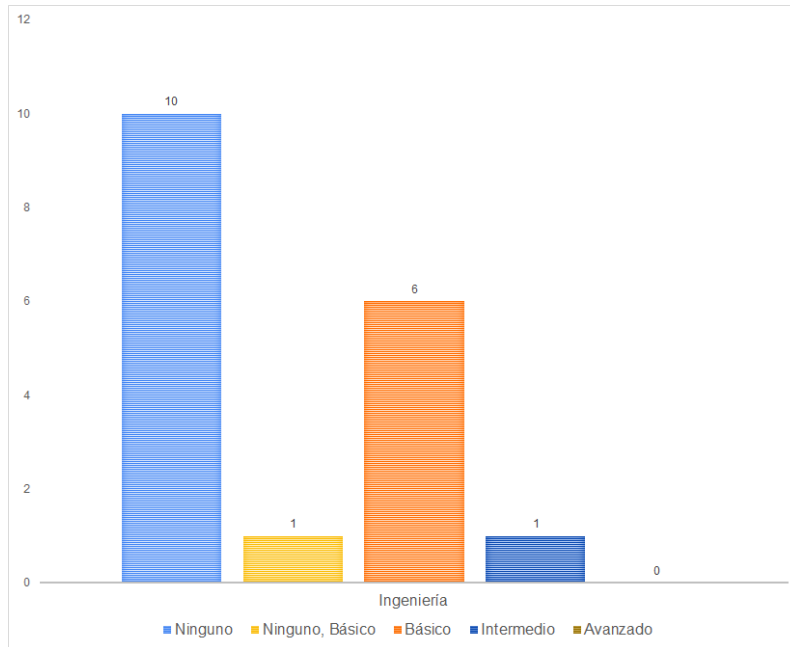
(p) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Estimación de cantidades]
Fuente: autoría propia.

Nota: Se excluye el departamento de ingeniería y mantenimiento y el de gerencia.



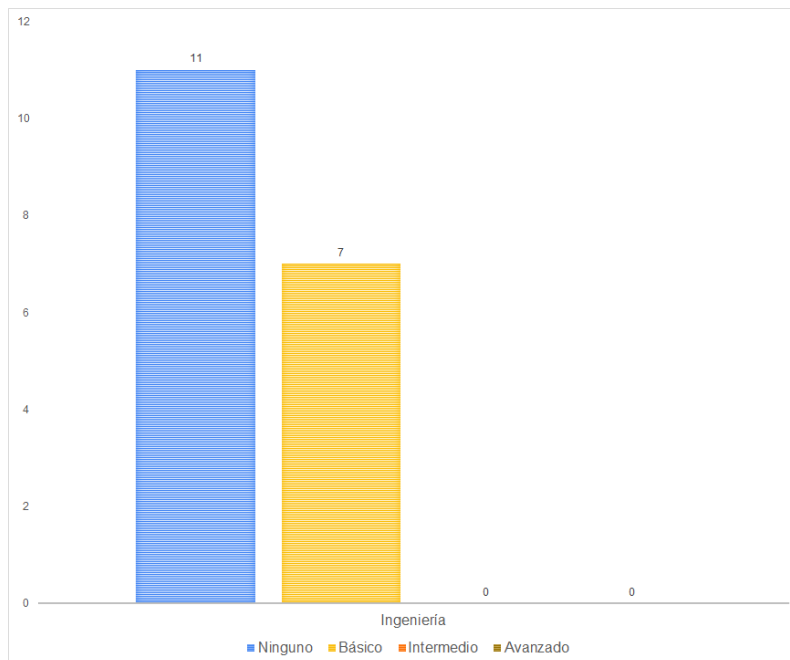
(q) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Coordinación 3D]
Fuente: autoría propia.

Nota: Se excluye los departamentos de presupuestos, ingeniería y mantenimiento y gerencia.



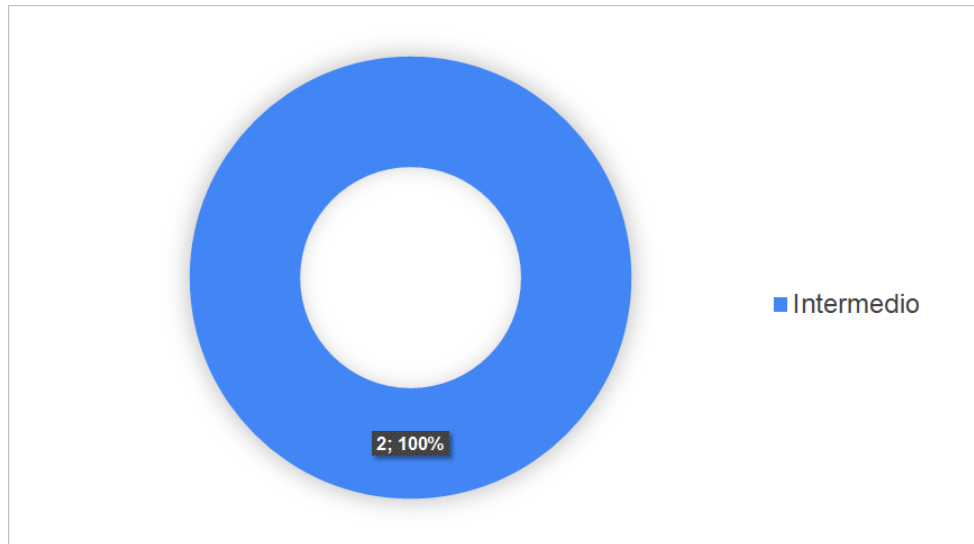
(r) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Planificación de obra]
Fuente: autoría propia.

Nota: Se excluye los departamentos de presupuestos, ingeniería y mantenimiento y gerencia.



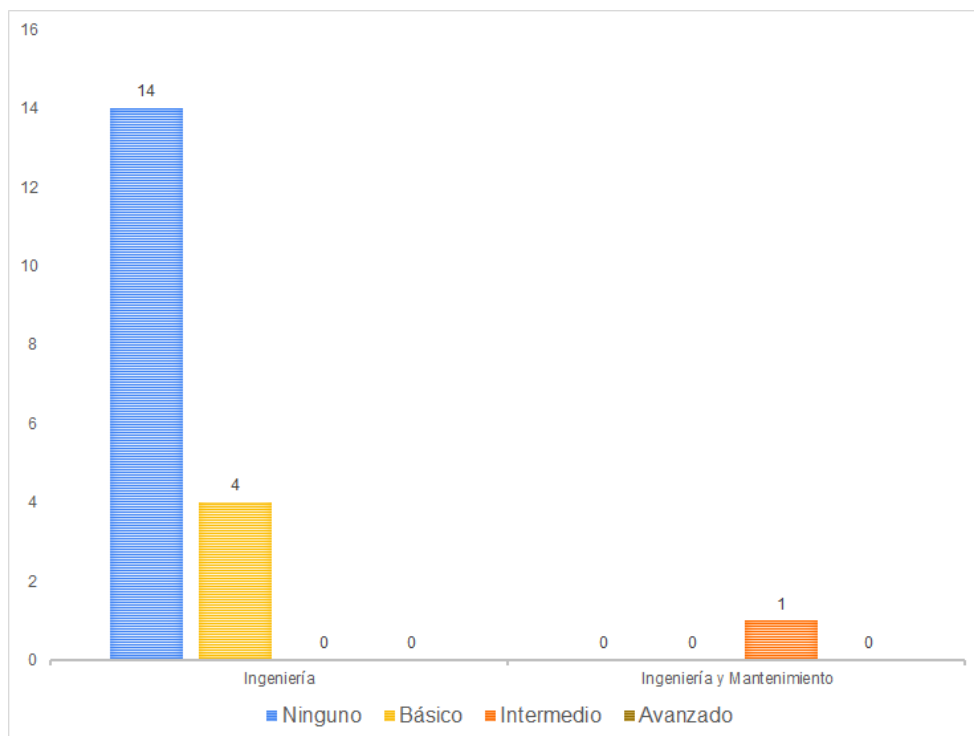
(s) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Control de obra]
Fuente: autoría propia.

Nota: Se excluye los departamentos de presupuestos, ingeniería y mantenimiento y gerencia.



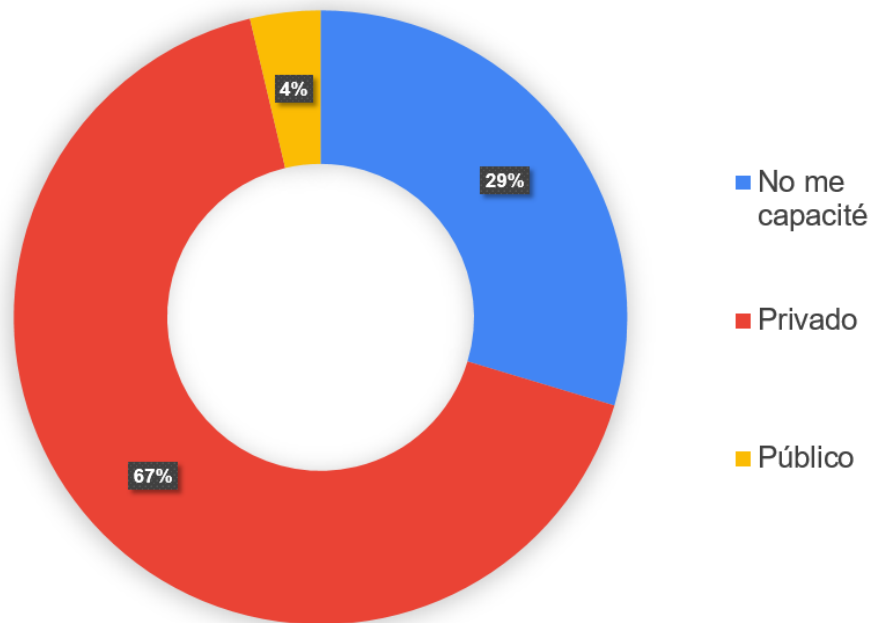
(t) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Modelado as-built]
Fuente: autoría propia.

Nota: solo se analizan las respuestas de las personas que tienen como cargo Dibujante Modelador/a.

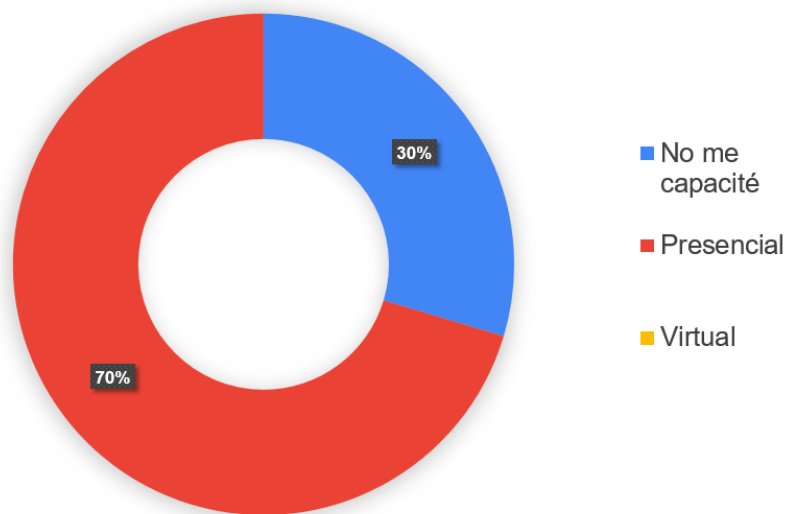


(u) ¿Cuáles son sus alcances de conocimientos en BIM? [Gestión de activos]
Fuente: autoría propia.

Nota: Se excluye los departamentos de presupuestos y gerencia.



(v) ¿En cuál ámbito se capacitó?
Fuente: autoría propia.

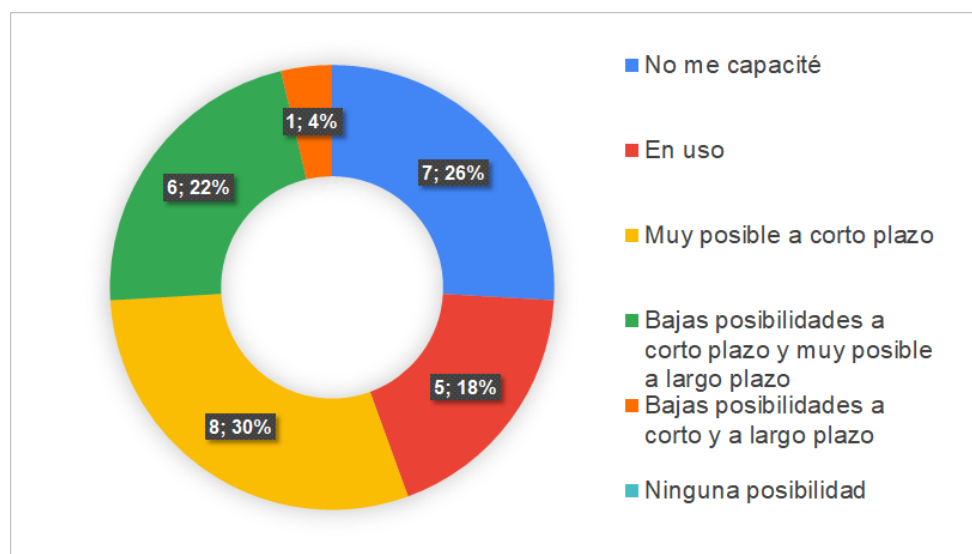


(w) ¿Cuál fue la modalidad de la capacitación?
Fuente: autoría propia.

¿Cómo aprendió BIM?	Si realizó uno o varios cursos, ¿cuál o cuáles fueron?	¿Cómo calificaría esa experiencia?	Opiniones o sugerencias relacionadas con el curso o capacitación
Hice un curso	Análisis BIM para presupuestistas CCC	Regular	El curso que tome no tenía mucho espacio de práctica entonces lo que nos explicaban no quedo tan claro como se esperaba.
Hice un curso	Curso básico de Revit y Navisworks	Buena	-
Hice un curso	Curso básico de Revit y Navisworks	Buena	-
Hice un curso	Revit Arquitectura Nivel (Básico-intermedio) TEC. Certificado Nivel Avanzado U Creativa.	Buena	-
Hice un curso	Curso básico de Revit y Navisworks	Buena	-
Hice un curso	Curso básico Revit. Curso básico Navisworks. Seminarios y congresos BIM.	Buena	-
Hice un curso	Análisis BIM para presupuestistas CCC y Navisworks Básico	Buena	Fue un curso realmente básico, donde nos explicaban como funciona la metodología.
Hice un curso	Curso BIM oficina. Varias conferencias BIM.	Regular	-
Hice un curso	Curso BIM oficina.	Buena	-
Hice un curso	2 conferencias BIM.	Mala	Ha sido muy superficial (es solo mostrar: "hicimos esto y esto y se ve así...").
Hice un curso	Congresos BIM. Curso básico Naviswork. Curso básico Revit. Talleres de implementación BIM.	Buena	Los cursos/ talleres que he llevado, son muy generales. Presentan información básica para conocer el concepto de implementación BIM, así como las ventajas/ beneficios de aplicarlo.
Hice un curso	Curso BIM oficina. Congreso BIM.	Buena	Hay mucho por abordar y es importante seguirse capacitando pues el mercado tiende hacia esto.
Hice un curso	Curso básico Revit. Cursos BIM CCC y oficina.	Buena	Me ha servido para revisar interferencias.

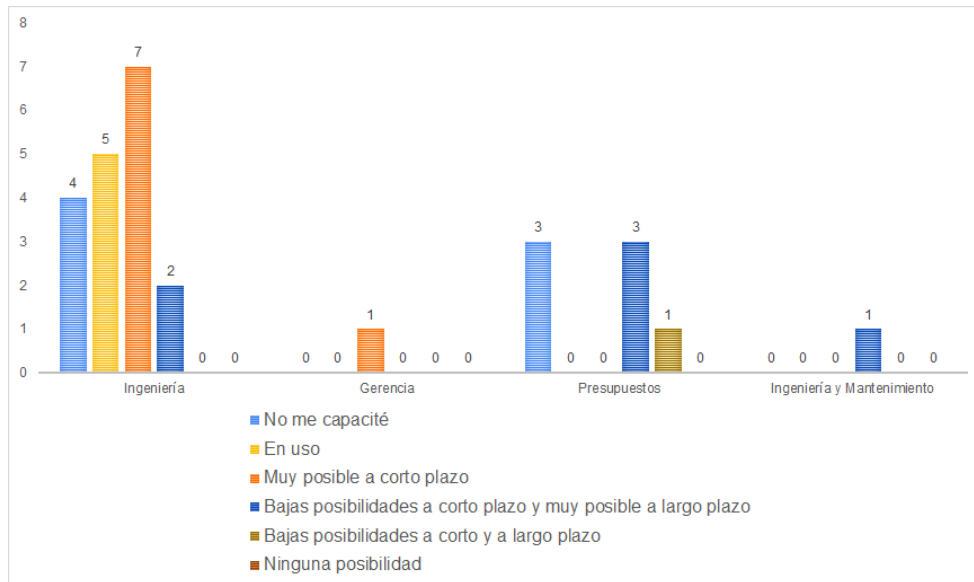
(x) ¿Cómo aprendió BIM? Si realizó uno o varios cursos, ¿cuál o cuáles fueron? ¿Cómo calificaría esa experiencia? Opiniones o sugerencias relacionadas con el curso o capacitación.

Fuente: autoría propia.



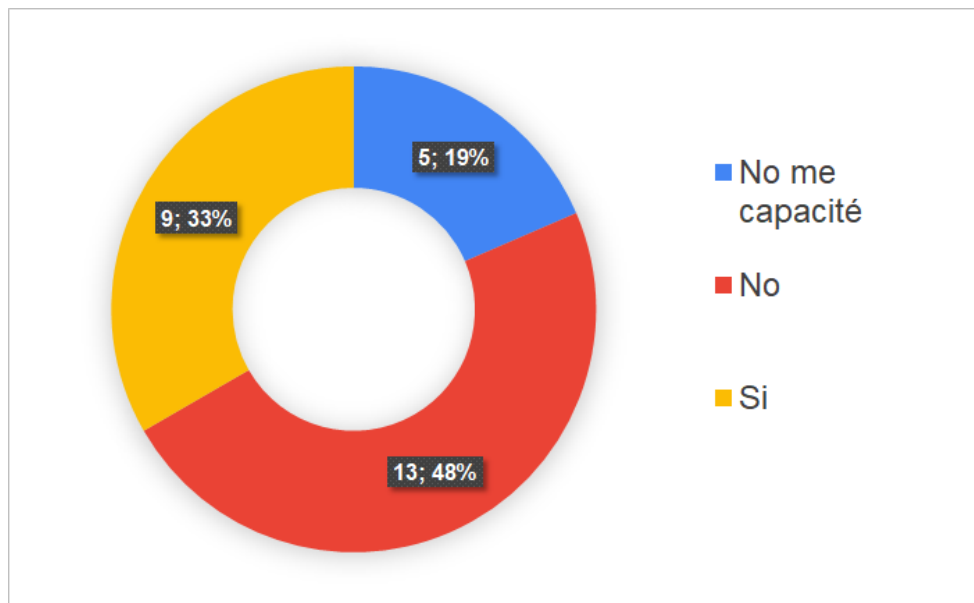
(y) ¿Cómo calificaría esa experiencia en cuanto a las posibilidades de implementar lo abordado en su trabajo cotidiano en BIM?

Fuente: autoría propia.



(z) ¿Cómo calificaría esa experiencia en cuanto a las posibilidades de implementar lo abordado en su trabajo cotidiano en BIM? [Por departamentos]

Fuente: autoría propia.

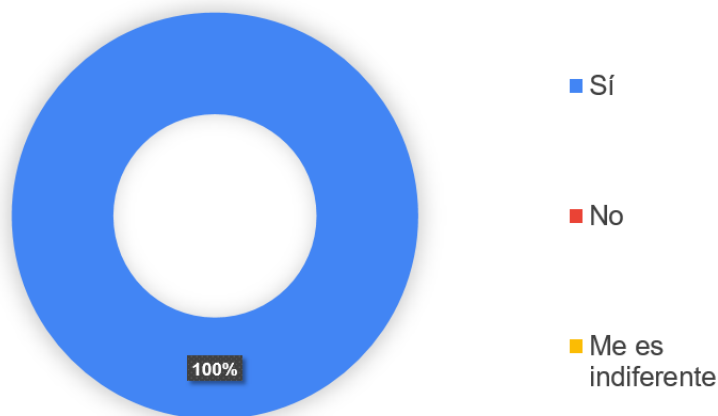


(aa) ¿Aplica sus conocimientos BIM laboralmente?

Fuente: autoría propia.

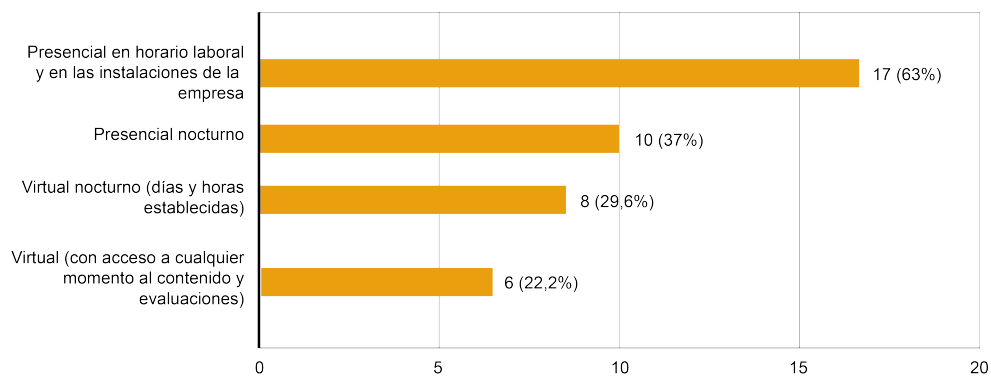
Planificación y eficiencia en los trabajos en campo.
Hay que empezarlo mucho antes de lo que hemos hecho en cada proyecto, no me imagino como hacer presupuestos con modelados hechos por terceros, nos falta mucho por trabajar para llevar todo a campo (maestros de obras, jefes de cuadrillas y operarios).
Uso de herramientas de programas.
Necesidad de planificación preconstructiva // actualización de planos constructivos más sencilla // documentación.
Navegación por el modelo 3D.
El uso ha sido prácticamente nulo.
Coordinación de obra a niveles conceptuales.
Que esta Metodología permite controlar muchos ámbitos desde el diseño hasta el mantenimiento de las edificaciones y que debería facilitar y evitar errores durante la ejecución.
Dentro de los beneficios es que sirve para planificar la obra y para revisar interferencias, dentro de las lecciones aprendidas es que me he equivocado a la hora de subcontractar el alcance del modelo BIM para los proyectos, entonces al final no me entregan el producto que yo esperaba.

(ab) ¿Qué experiencias, beneficios o lecciones aprendidas le ha dejado utilizar la metodología?
Fuente: autoría propia.



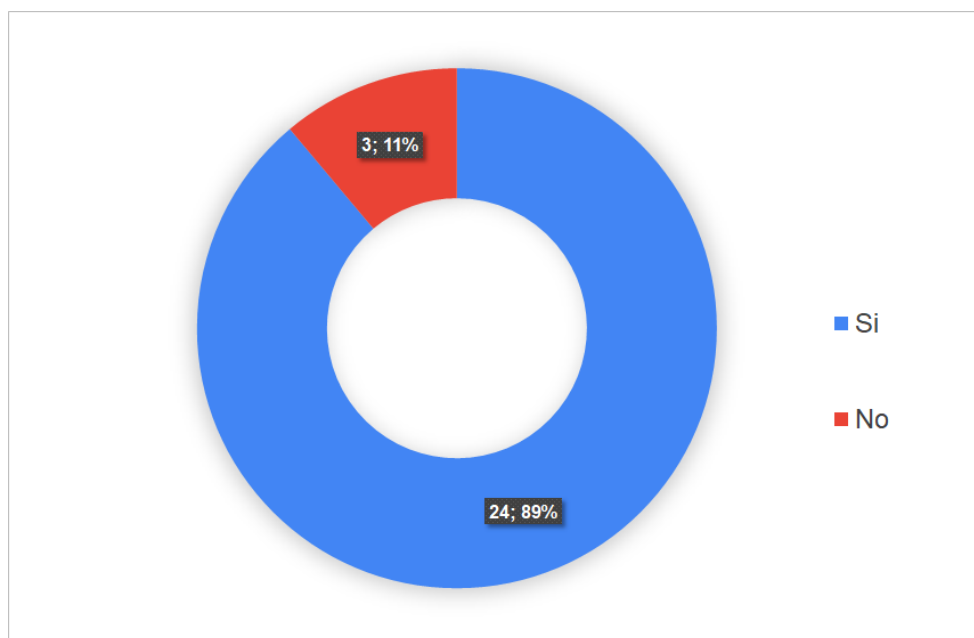
(ac) ¿Le interesa capacitarse en temas relacionados con la correcta implementación de BIM en su labor diaria?

Fuente: autoría propia.



(ad) ¿Si se tuviese que capacitar en algún tema relacionado a BIM como lo preferiría?

Fuente: autoría propia.



(ae) ¿Considera que desde su lugar puede proponer ideas para mejorar?

Fuente: autoría propia.

Al momento de documentar, es bueno tener como una carpeta destino al tipo de información que se requiere para este proceso, siendo ésta la final únicamente. Sea digital/ física, donde uno pueda llegar a buscar con seguridad la información que se requiera. (No sé si al momento existe o no)

1. Establecer planes de implementación para modelado.
2. Establecer departamento de apoyo BIM.
3. Diagnóstico y sugerencias en software/hardware.
4. Mejorar transferencia de documentación de proyecto.

Para ser “BIM” no solo se debe tener conocimiento teórico sino práctico.

No basta con capacitación, hay que comenzar a implementarlo en el trabajo para ver las verdaderas trabas y la forma de solucionarlo.

Debería capacitarnos más la empresa, todo con el fin de mejorar las labores diarias.

(af) Opiniones o sugerencias relacionadas con el tema.

Fuente: autoría propia.

Cargo	¿Utiliza algún software?
Jefe/a Departamento de Importaciones	OneDrive
Asistente de Ingeniería	Cloud
Asistente de Ingeniería	Revit, Takeoff, AutoCAD, On-Screen Takeoff
Asistente de Ingeniería	Excel
Control de Mano de Obra	O4B
Ingeniera/o Residente	BIM 360
Ingeniera/o Residente	AutoCAD, Office 365, OneDrive, Cloud
Ingeniera/o Residente	On-Screen Takeoff, AutoCAD, Navisworks, BIM360, OneDrive, Dropbox
Ingeniera/o Residente	OneDrive
Ingeniera/o Residente	Navisworks
Ingeniera/o Residente	Revit, Navisworks
Dibujante Modelador/a	Revit, Navisworks, AutoCAD, BIM360, Dalux
Dibujante Modelador/a	AutoCAD, Revit
Director/a de Proyectos	Actualmento no
Director/a de Proyectos	Revit, Navisworks, AutoCAD, BIM360, Dalux
Director/a de Proyectos	Revit, Navisworks, BIM360, OneDrive
Director/a de Proyectos	Revit, Navisworks
Jefa/e Departamento Presupuestos	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	OneDrive, AutoCAD, On-Screen Takeoff, Revit
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Presupuestista	Fieldwire
Presupuestista	On-Sreen Takeoff
Coordinador/a Mantenimiento	Navisworks
Digitador/a	On-Sreen Takeoff
Vicepresidente	BIM360, BIMx

(ag) ¿Utiliza algún software?

Fuente: autoría propia.

Cargo	¿Con qué hardware cuenta para trabajar?
Jefe/a Departamento de Importaciones	Computadora portátil, iPad
Asistente de Ingeniería	Computadora portátil, iPad
Asistente de Ingeniería	Computadora portátil, iPad
Asistente de Ingeniería	Computadora de escritorio
Control de Mano de Obra	Computadora portátil
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora de escritorio/ iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil
Ingeniera/o Residente	Computadora portátil, iPad
Dibujante Modelador/a	Computadora portátil
Dibujante Modelador/a	Computadora portátil
Director/a de Proyectos	Computadora portátil
Director/a de Proyectos	Computadora portátil, iPad
Director/a de Proyectos	Computadora portátil, iPad
Director/a de Proyectos	Computadora portátil, iPad
Jefa/e Departamento Presupuestos	Computadora portátil
Presupuestista	Computadora portátil
Presupuestista	Computadora de escritorio
Presupuestista	Computadora de escritorio
Presupuestista	Computadora de escritorio
Presupuestista	Computadora de escritorio/ iPad
Presupuestista	Computadora de escritorio
Coordinador/a Mantenimiento	Computadora portátil, iPad
Digitador/a	Computadora de escritorio
Vicepresidente	Computadora portátil, iPad

(ah) ¿Con qué hardware cuenta para trabajar?

Fuente: autoría propia.

Apéndice 5. Plan de Implementación BIM.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN BIM



CREADO POR
ANTONY VÁSQUEZ FLORES

FECHA
JUNIO 2020

Contenido

1. ¿Por qué Estructuras S.A. debe implementar BIM en sus procesos?	3
2. Retos significativos a superar	4
3. Factores relevantes para la implementación BIM	5
4. Objetivos BIM	6
Objetivos a corto plazo	6
Objetivos a largo plazo	7
5. Alcance de la implementación	7
Corto plazo	7
Largo plazo	7
6. Equipo Operacional BIM	8
7. Incorporación de la metodología BIM al diagrama de procesos tradicionales	12
Licitación pública-privada diseño-construcción	14
Licitación pública-privada construcción	20
8. Incorporación de software	23
Software de modelado	24
Software de validación y control BIM	25
Software de colaboración BIM	26
Software complementarios	29
9. Equipamiento tecnológico	30
10. Plan de capacitación para el personal	31
11. Recursos económicos para la implementación	37
12. Características del acceso al entorno común de datos	38
13. Serie de acciones a seguir	40
12. Conclusión y motivación	42
13. Recomendaciones	42
14. Referencias bibliográficas	44

1. ¿Por qué Estructuras S.A. debe implementar BIM en sus procesos?

De acuerdo al índice de digitalización del Instituto Global McKinsey (MGI, por sus siglas en inglés) la construcción se encuentra entre los sectores menos digitalizados del mundo. Globalmente, el crecimiento de la productividad laboral en la construcción ha promediado solamente un 1% anual durante las últimas dos décadas, comparado esto con el crecimiento del 2.8% de la economía mundial y del 3.6% en el caso del sector manufacturero. (Barbosa et al., 2017).

El resultado de este estancamiento en la productividad se traduce en una pérdida de competitividad y en un aumento de costos, de riesgos y de desperdicio a lo largo de los ciclos de vida de un proyecto. Sin embargo, según un estudio realizado por Mischke, Jan y Baveystock, Nick (2017) la construcción puede ser capaz de aumentar la productividad en hasta un 60% realizando cambios en siete áreas claves: regulación; procesos de diseño; contratación; compras y gestión de cadenas de suministro; ejecución en sitio; uso de nuevas tecnologías, materiales y automatización avanzada y capacitación del personal.

Ante lo anterior, evidenciándose el estancamiento y las necesidades del sector constructivo es como surge la metodología del Modelado de la Información de la Construcción o BIM (por sus siglas en inglés). BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, pudiéndose definir este como un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que posibilitan el diseño, la construcción y la operación de una edificación o infraestructura de una manera colaborativa en un espacio virtual.

Por un lado, las tecnologías proveen la capacidad de generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, y por el otro, las metodologías, fundamentadas en estándares, posibilitan el compartir la información de manera estructurada entre todos los interesados, fomentándose así el trabajo interdisciplinario y colaborativo.

El uso más frecuente de la metodología BIM en el sector privado y el lanzamiento de la Estrategia Nacional BIM el 14 de febrero han marcado un hito para que las empresas del sector de la Construcción, Ingeniería y Arquitectura (AEC, por sus siglas en inglés) que aún no cuentan con la metodología BIM en sus flujos de trabajo empiecen a incorporar dicha metodología en sus procesos.

La correcta implementación de esta metodología en la empresa hará que Estructuras S.A. continúe siendo una empresa competitiva en la industria de la construcción, teniendo la posibilidad de ofertar proyectos en los que se estipule la utilización de la metodología BIM, cumpliendo con los requerimientos de los clientes y además tener la posibilidad de ofertar nuevos productos con el objetivo de aumentar la calidad de las edificaciones.

2. Retos significativos a superar

Para que una implementación BIM sea exitosa se debe de tener una visión concisa y bien articulada entre los líderes ejecutivos, esto en cuanto a los beneficios que la adopción de los procesos BIM aportarán a la empresa en relación a las necesidades que esta posee. Si las personas que integran la gerencia de la empresa no están involucradas, es complejo que el cambio se establezca ya que son estas personas las cuales tiene la capacidad de mover a sus colaboradores y de poner a disposición el capital requerido.

El tema generacional es de los grandes retos que se tienen. Se debe de eliminar la concepción de que una persona que utiliza Revit (por suministrar un ejemplo) ya puede manejar todo proceso BIM y que una persona adulta que no utilice herramientas tridimensionales no va a rendir en un proceso BIM. De lo contrario es un balance de capital humano y de la implementación de procesos más eficientes.

Otro de los retos más significativos por superar es el de la resistencia al cambio, ya que se puede tener muy adentrada la idea de lo que actualmente se realiza siempre ha funcionado y puedan haber personas que ofrezcan resistencia viéndole problemas a la implementación debido a la imposición. Lo anterior supone que el plan plantea una expansión de la metodología de forma gradual exponiendo las ventajas de esta.

De la misma forma, uno de los retos a superar es que los clientes estén convencidos de la metodología. Quizás al inicio debido a la curva de aprendizaje, la generación de entregables en los proyectos pueda resultar más lenta, sin embargo, conforme se vaya adquiriendo práctica y experiencia esto cambiará y se optimizará.

Es de suma importancia en que el cliente este consciente de que ganará en la calidad de los entregables que reciba.

Debido a que la construcción es multidisciplinaria se presentarán problemas que aunque la organización ya tenga cierto grado de madurez, el trabajar con empresas que no tengan interiorizada la metodología BIM hará que se presenten deficiencias en los procesos. Lo anterior supone la realización de un estudio y un análisis de las capacidades de los equipos de trabajo, con el objetivo de conocer con quién se está trabajando y que capacidades, experiencia y recursos tiene para lo que se está proponiendo.

Asimismo, al ser Estructuras S.A. una empresa constructora, en licitaciones de tipo construcción, se tendrá el problema de que si existen modelos muy posiblemente estos fueron realizados sin contemplar ciertos usos BIM, lo que generará que la constructora tenga que revisar estos modelos al momento de recibirlos y re adaptarlos según sus objetivos. Caso aparte, en las licitaciones de diseño y construcción la constructora si podrá establecer un plan para la ejecución del proyecto bajo la metodología BIM.

3. Factores relevantes para la implementación BIM

La generación de este plan considera los factores más relevantes para la implementación BIM, estos factores son de acuerdo a la tesis “Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria”. (Valle, 2014)

A continuación se enumeran estos factores:

- Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de BIM.
- Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán BIM para el desarrollo de proyectos.
- Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.
- Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar BIM.

- Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM.
- Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos BIM.
- Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores
- Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.
- Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.
- Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.
- Existencia de objetivos claros para la implementación.
- Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación.

4. Objetivos BIM

Objetivos a corto plazo

- Establecer un departamento de apoyo BIM.
- Crear modelos que contengan toda la información necesaria para poder emitir la documentación (planos constructivos más elaborados y fiables).
- Detectar las posibles interferencias espaciales disminuyendo problemas constructivos por choques de sistemas.
- Mejorar los procesos de comunicación simplificando el flujo de información de forma ordenada y actualizada.
- Establecer una herramienta para la visualización en campo de los modelos y su documentación.
- Elaborar un Plan de Ejecución BIM (BEP) para todos los proyectos BIM que se realicen en la empresa.

Objetivos a largo plazo

- Trabajar en conjunto con el departamento de presupuestos en la elaboración de un protocolo que permita extraer métricas de los modelos.
- Trabajar en conjunto con el departamento de mantenimiento en la elaboración de un protocolo que permita que los modelos puedan ser utilizados en la etapa de operación y mantenimiento.
- Trabajar mediante una plataforma virtual en todos los proyectos que se realicen en la empresa.
- Utilizar la captura de realidad en la creación de elementos 3D que ayuden en la planificación de los proyectos de construcción.

5. Alcance de la implementación

Corto plazo

- En la construcción y desarrollo del proyecto y en la operación y mantenimiento.

Largo plazo

- En la licitación y adjudicación.

6. Equipo Operacional BIM

Una de las actividades que a este plan refiere es caracterizar nuevos roles, áreas y tareas. Es por este que se realiza una propuesta de un equipo BIM el cual se basa en los procesos propuestos. Cabe destacar que este equipo está condicionado a la demanda de trabajo que se presente, teniéndose la posibilidad de que el Director BIM y los Modeladores BIM adquieran ciertas funciones del Coordinador BIM en momentos de baja demanda o que la gran demanda de trabajo obligue a la empresa a considerar la contratación de más personal.

Cuadro 1. Recursos humanos del equipo de liderazgo BIM.

Cargo	Descripción y funciones	Competencias
Director BIM	<ul style="list-style-type: none"> - Encargada/o junto con la gerencia de liderar el proceso de implementación BIM en la empresa. - Deberá comprender las necesidades del equipo del proyecto, trabajando mucho antes con este equipo en la configuración, estructura y selección de estrategias a seguir en el desarrollo del mismo. <p>Asimismo, trabajará en la elección de la plataforma de intercambio de información con el resto de profesionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocerá y comprenderá los flujos de trabajo en los proyectos. Además, será el responsable del desarrollo, coordinación, publicación y verificación de todas las configuraciones necesarias requeridas para la perfecta integración del diseño y la información del modelo de construcción. - Asumirá la responsabilidad de la correcta clasificación de las áreas, espacios, equipamientos e instalaciones para garantizar su coherencia a lo largo de la vida útil 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento avanzado en la metodología BIM. - Experiencia en diseño y construcción. - Capacidad de asumir responsabilidades y decisiones críticas. - Productividad, eficiencia y saber enfocar con los objetivos BIM de la empresa. - Habilidad para manejar, navegar y revisar modelos 3D y bases de datos. - Habilidad para trabajar en equipo, comunicar y gestionar tareas. - Habilidad para formar y transmitir conocimientos. - Formación continua en metodologías y procesos BIM. - Las principales aptitudes o habilidades que deberá de tener un Director BIM son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Habilidades de formación y comunicación, de entrenamiento y formación para

	<p>del proyecto y su posterior mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asegurará la correcta realización de archivos de intercambio para el envío a otros agentes participantes en el proyecto. - Asegurará que los software se instalen, utilicen y actualicen correctamente teniendo conocimientos técnicos de las aplicaciones BIM, referentes a los requerimientos del sistema, infraestructura de la red y conocimientos de nuevas tecnologías. - Coordinará la configuración del servidor de archivos compartidos con los equipos, incluyendo configuraciones de accesos web, permisos, protocolos, etc. - Facilitará el uso de modelos compuestos por diferentes archivos en reuniones de coordinación de diseño y construcción. - Se coordina con el departamento de Recursos Humanos e Informática. 	<p>preparar nuevos equipos de trabajo en poco tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad de comunicar los beneficios del BIM a la empresa en su conjunto y también los beneficios personales en cada nivel de la organización. ▪ Capacidad de tomar decisiones objetivas en momentos críticos. ▪ Flexibilidad y movilidad. - Idioma inglés intermedio. - Manejo paquetes Office 365. - Manejo intermedio avanzado de la colección AEC de Autodesk.
Modelador BIM	<ul style="list-style-type: none"> - Encargada/o en el apoyo a la realización del modelo según la disciplina. - Deberá tener conocimientos en construcción de las disciplinas a modelar. - Es recomendable que el modelador conozca todas las disciplinas del proyecto (arquitectura y estructural más que la parte electromecánica), de tal manera que pueda ayudar a distintos departamentos. - Deberá conocer los flujos de trabajo en los proyectos a nivel general. - Desarrollará el modelo según las instrucciones del proyectista. - Podrá editar familias del sistema e incorporarlas a la biblioteca general en coordinación con el Director BIM. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia en diseño y construcción. - Interpretación de planos. - Capacidad de asumir responsabilidades y decisiones medianas. - Productividad, eficiencia y capacidad para enfocar los objetivos de su disciplina y área. - Habilidad para manejar, navegar y revisar modelos 3D. - Manejo avanzado del software Revit en los apartados de arquitectura y estructural, básico en el apartado MEP. - Manejo básico del software Navisworks.

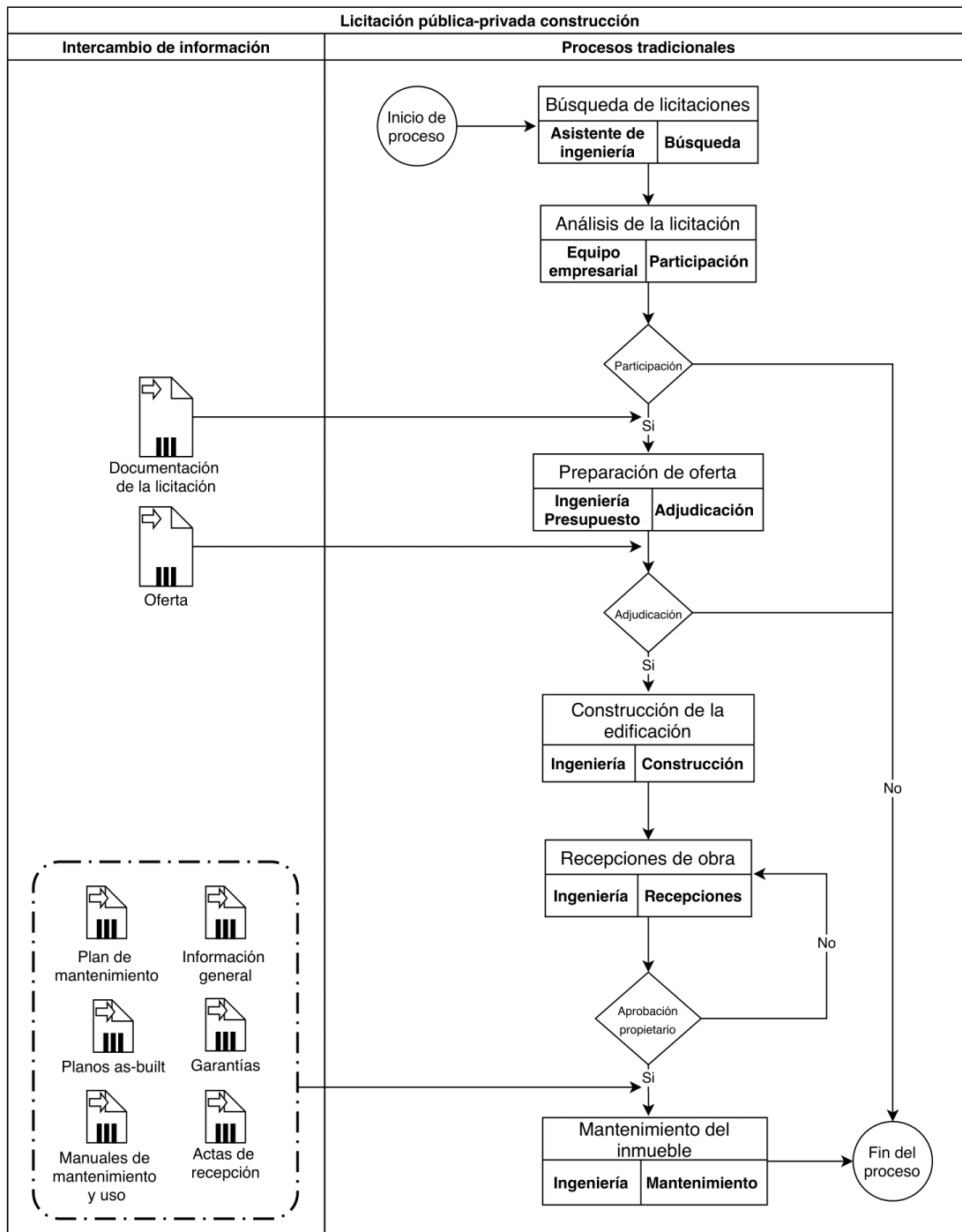
	<ul style="list-style-type: none"> - Deberá asumir la responsabilidad del modelado de las categorías de su disciplina. <ul style="list-style-type: none"> - Definirá las configuraciones visuales (líneas, grosores y colores) de forma coordinada con el Director BIM. - Editará objetos BIM de anotación y los incorporará a la biblioteca general en coordinación con el Director BIM. - Asumirá la responsabilidad de gestionar las vistas de planos y las plantillas de vista. - Asumirá la responsabilidad del montaje de planos taller en coordinación con el Director BIM. - Importará y realizará dibujos CAD en modelos. - Actualizará el modelo según cambios en obra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formación continua en la especialidad BIM correspondiente. - Idioma inglés básico.
Coordinador BIM	<ul style="list-style-type: none"> - Encargada/o de la coordinación entre especialidades y la detección de interferencias entre ellas en coordinación con el Ingeniero Director del proyecto. - Determinará o coordinará el punto de geo-referencia XYZ del proyecto y asegurará la coordinación con todos los modelos de diferentes disciplinas. <ul style="list-style-type: none"> - Elaborará los informes de incidencias, los comunicará a los distintos responsables y realizará un seguimiento de estas. - Creará, modificará, actualizará y mantendrá las bibliotecas de contenidos: materiales, objetos BIM estándares (muros, pisos, puertas) y archivos complementarios. - Parametrizará y creará elementos singulares. - Gestionará y actualizará enlaces de bibliotecas de contenidos: plataformas, foros, blogs, webs de fabricantes, etc. - Coordinará con el Director BIM de la correcta utilización de las familias en los proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia en diseño y construcción. - Interpretación de planos. <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de asumir responsabilidades y decisiones medianas. - Productividad, eficiencia y proactividad. - Habilidad para manejar, navegar y revisar modelos 3D. - Manejo avanzado del software Revit en los apartados de arquitectura y estructural, básico en el apartado MEP. - Manejo avanzado del software Navisworks. - Manejo avanzado de plataformas de seguimiento de incidencias en colaboración para BIM. - Formación continua en la especialidad BIM correspondiente.

	<ul style="list-style-type: none"> - Revisará, corregirá y adaptará modelos recibidos en el proceso de licitación para que a través de estos se puedan realizar métricas para que en coordinación con el departamento de presupuestos estas puedan ser comparadas evidenciando errores y/o fiabilidad de las mediciones a partir de modelos. - Coordinará conjunto con el departamento de mantenimiento la administración y registro de información del proyecto para la incorporación de esta a los modelos mediante enlaces para la etapa de operación y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo paquetes Office 365. - Idioma inglés básico.
--	---	--

Fuente: Guía para implementar y gestionar proyectos BIM (Barco, 2018)

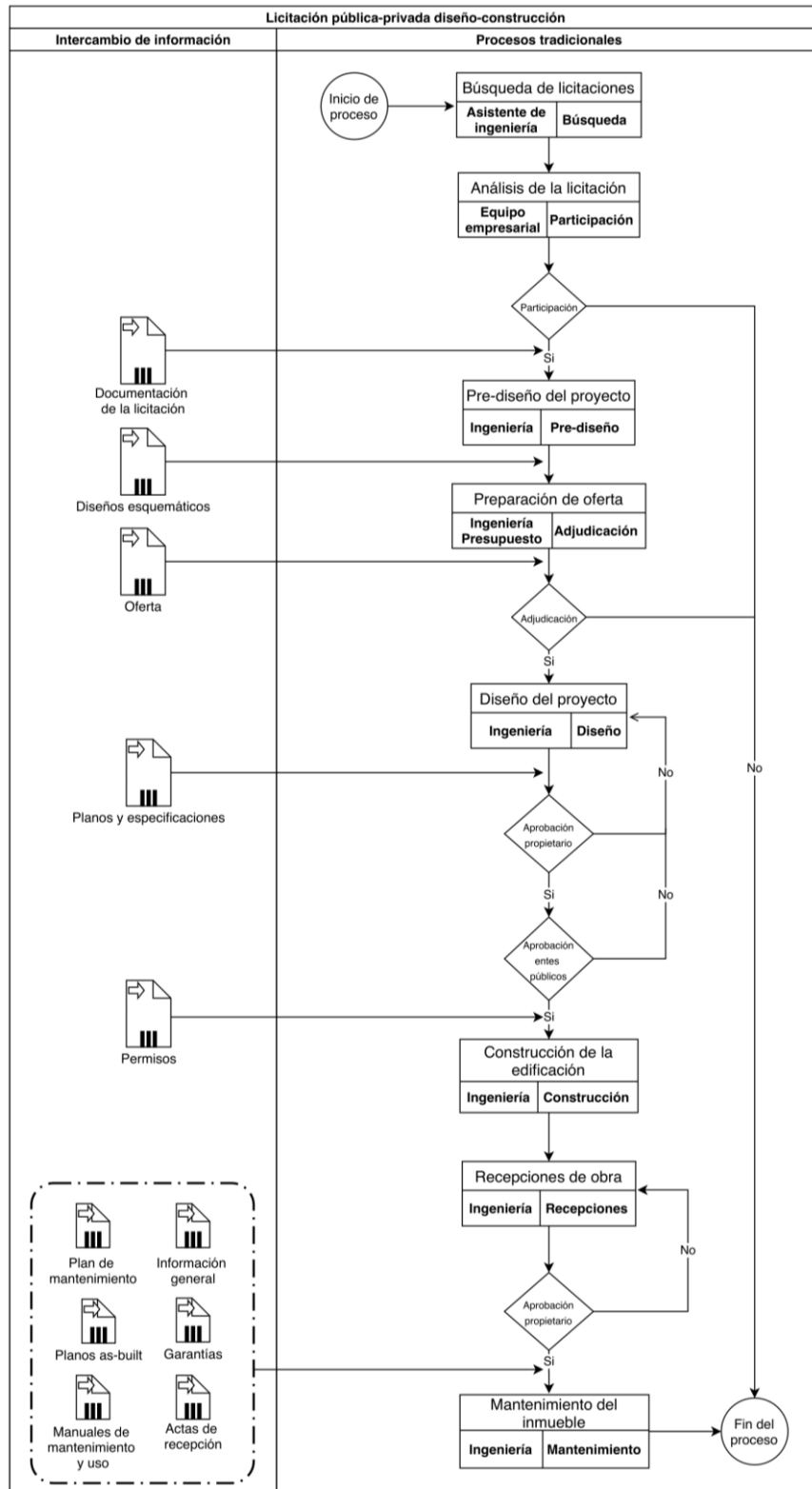
7. Incorporación de la metodología BIM al diagrama de procesos tradicionales

Figura 1. Diagrama de procesos tradicionales licitación pública-privada construcción.



Fuente: autoría propia.

Figura 2. Diagrama de procesos tradicionales licitación pública-privada diseño-construcción.



Fuente: autoría propia.

Las cajas que se muestran en el diagrama de procesos tradicionales de las Figuras 1 y 2, siguen el siguiente formato.

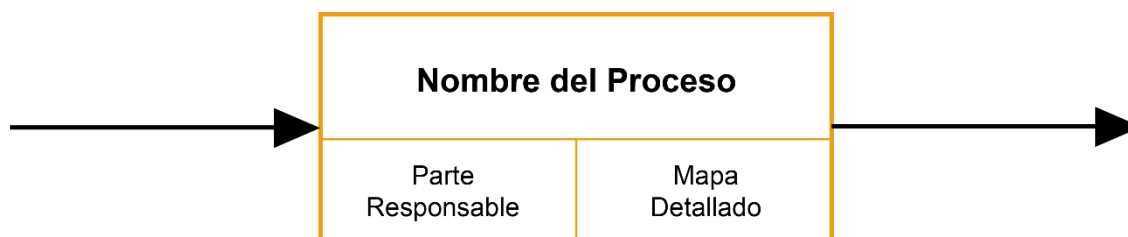


Figura 3. Formato de cajas en diagramas de procesos tradicionales.

Fuente: autoría propia.

Licitación pública-privada diseño-construcción

La aplicación de la metodología BIM, en una licitación pública-privada por diseño y construcción, adjudicada a la empresa constructora facilitará la correcta implementación de BIM en el proyecto. Participar en el proceso de diseño le permitirá a la empresa constructora el definir las reglas del juego mediante un debido Plan de Ejecución BIM (PEB, por sus siglas en inglés).

La elaboración de este Plan de Ejecución BIM, se encuentra dentro de uno de los objetivos a corto plazo de la empresa, permitiéndole este el gestionar y controlar los requisitos de la información. Es de suma importancia establecer el alcance que tendrá la realización de los modelos y la gestión de estos, ya que si no se tiene esto estipulado es muy difícil que su uso aporte valor.

Es recomendable que en cada proyecto se contemplen los siguientes puntos para establecer el alcance y los requisitos de la información del modelo, estos puntos deberán de incluirse en el Plan de Ejecución BIM.

- Funciones, responsables y autorías.
- Hitos del proyecto.
- Objetivos BIM del proyecto.
- Usos BIM del proyecto.
- Nomenclatura de carpetas, archivos y láminas.

- Niveles de desarrollo (LOD) para los distintos modelos.
- Normas para la ejecución de planos en el software de modelado.
- Flujos de trabajo en BIM.
- Sistema de gestión y transferencia de datos.
- Estructura de modelos BIM.
- Estándares de modelado BIM.
- Control de calidad BIM.
- Códigos y colores por disciplinas y/o sistema.
- Formatos de software.

Se proponen para este plan 4 flujos de trabajo que incorporan la metodología BIM en sus actividades, específicamente para lo que es el proceso de autoría de diseño, la coordinación 3D, la extracción de cantidades y el modelo de registro y operación. Las cajas que se encuentran en este flujo de trabajo siguen el siguiente formato:

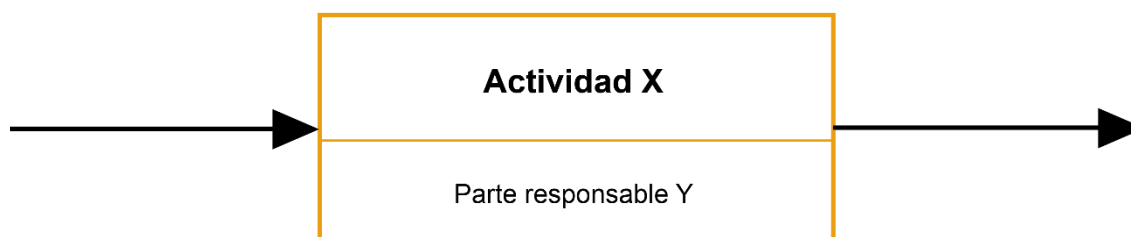
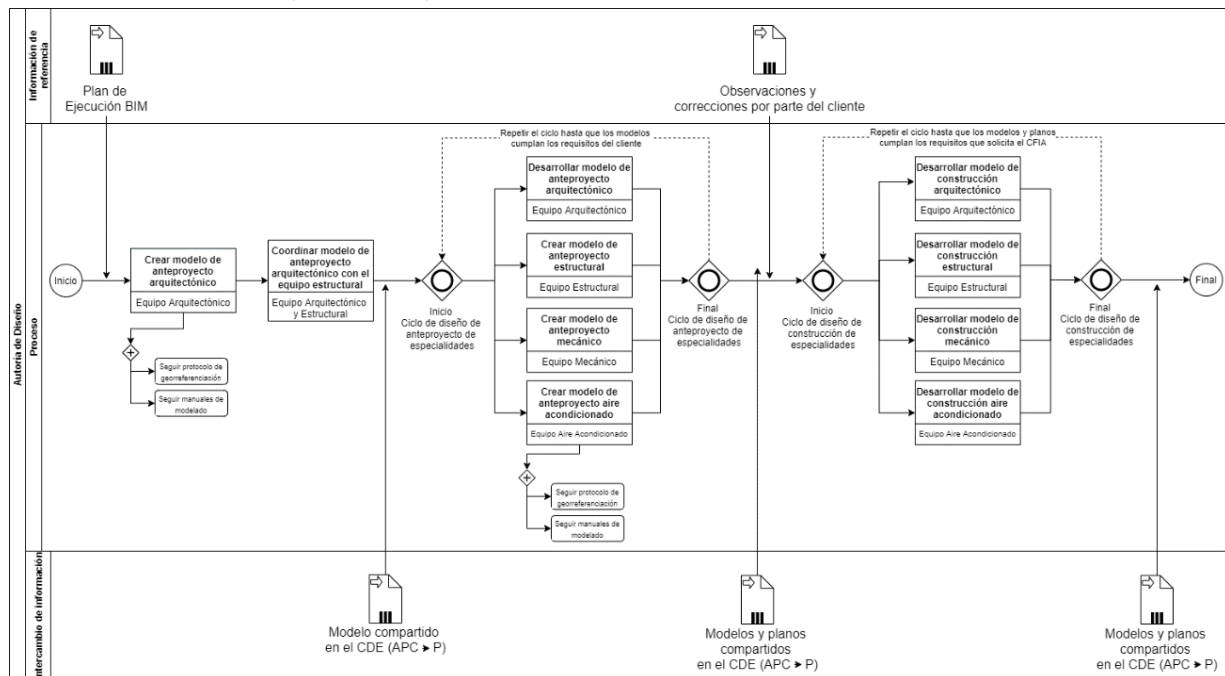


Figura 4. Formato de cajas en diagramas de flujo de procesos individuales.

Fuente: autoría propia.

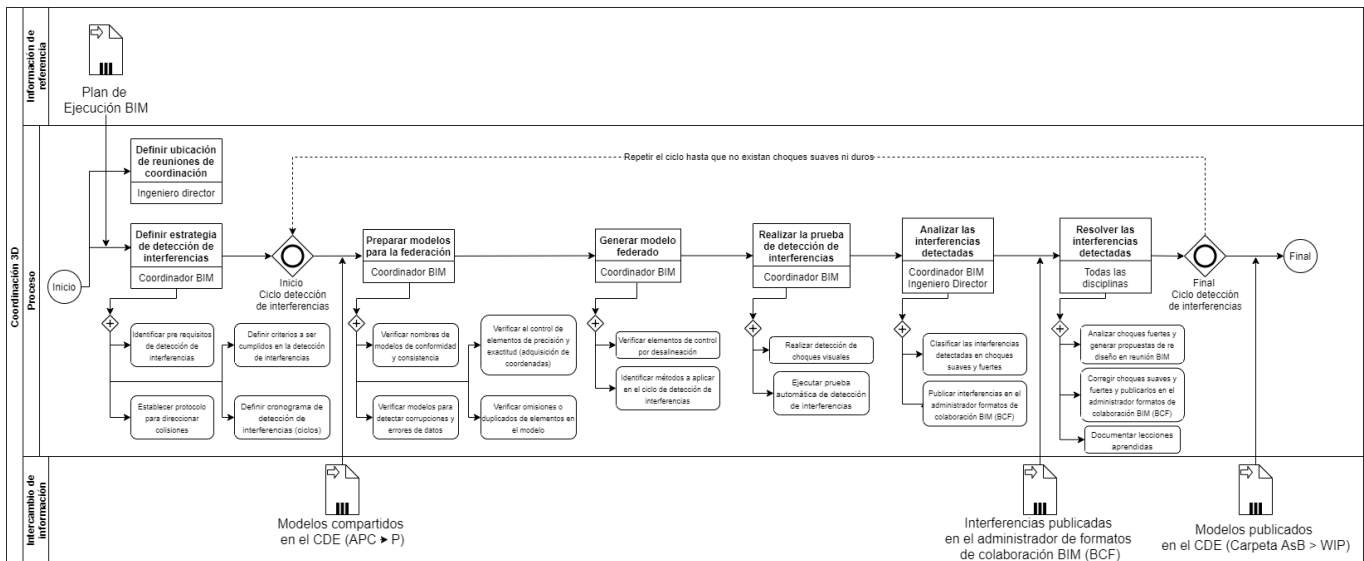
Si bien los flujos de trabajo ayudan a identificar actividades críticas se recomienda que estos sean respaldados por protocolos de trabajo en los cuales se detalle mejor la manera de proceder.

Figura 5. Diagrama de flujo de procesos para la autoría de diseño.



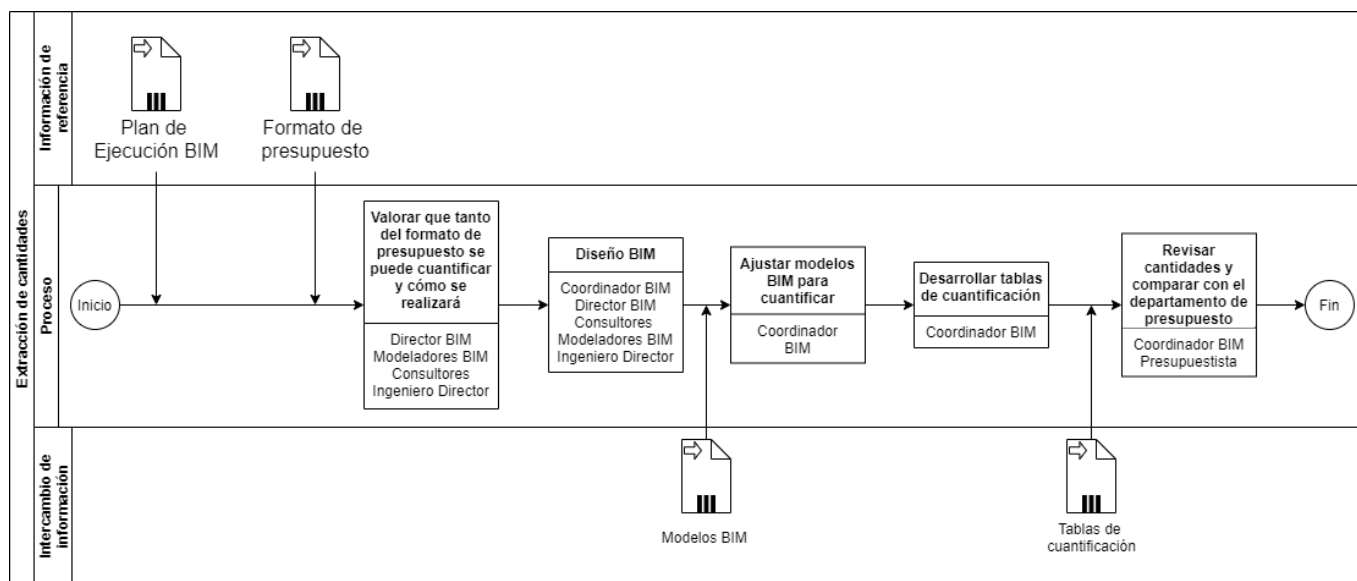
Fuente: (Computer Integrated Construction (CIC) Research Program, 2011).

Figura 6. Diagrama de flujo de procesos para la coordinación 3D.



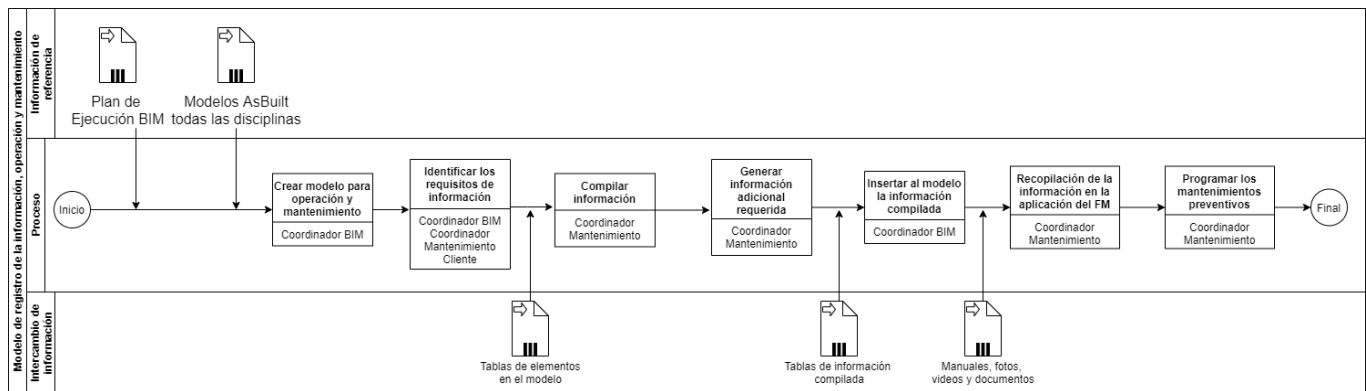
Fuente: (Computer Integrated Construction (CIC) Research Program, 2011).

Figura 7. Diagrama de flujo de procesos para la extracción de cantidades a partir de un modelo.



Fuente: (Computer Integrated Construction (CIC) Research Program, 2011).

Figura 8. Diagrama de flujo de procesos para el modelo de registro de la información, operación y mantenimiento.



Fuente: (Computer Integrated Construction (CIC) Research Program, 2011).

Licitación pública-privada construcción

Cuando se tiene el caso de una licitación pública-privada, en la cual se haya ganado la misma y solo se tengan planos en 2D (que van a ser la mayoría al tratarse de una empresa constructora) es cuando la aplicación de la metodología BIM es mas costosa más no imposible. Para estos casos se recomienda de igual manera realizar un Plan de Ejecución BIM.

Si no existen modelos BIM por parte de los consultores, la empresa constructora en conjunto con las empresas electromecánicas valorarán el hecho de realizar modelos LOD300 a partir de los planos constructivos de estos. Se deberá realizar un cronograma el cual deberá respetarse a cabalidad, para asegurar que las distintas fases del modelo planteadas estarán listas y coordinadas antes de su respectiva construcción.

Cabe destacar que el alcance y los usos que se les dará a los modelos BIM, deberán estar muy bien definidos. Asimismo, es importante mencionar que idealmente los modelos deberían estar realizados en su totalidad antes de la construcción, sin embargo, al ser la construcción un sector tan acelerado esto usualmente no sucede así, por lo que se debe estar consciente de que la realización de estos modelos podrían tener deficiencias en el camino no logrando estos el solucionar el 100% de los problemas por choques de sistemas o falta de información.

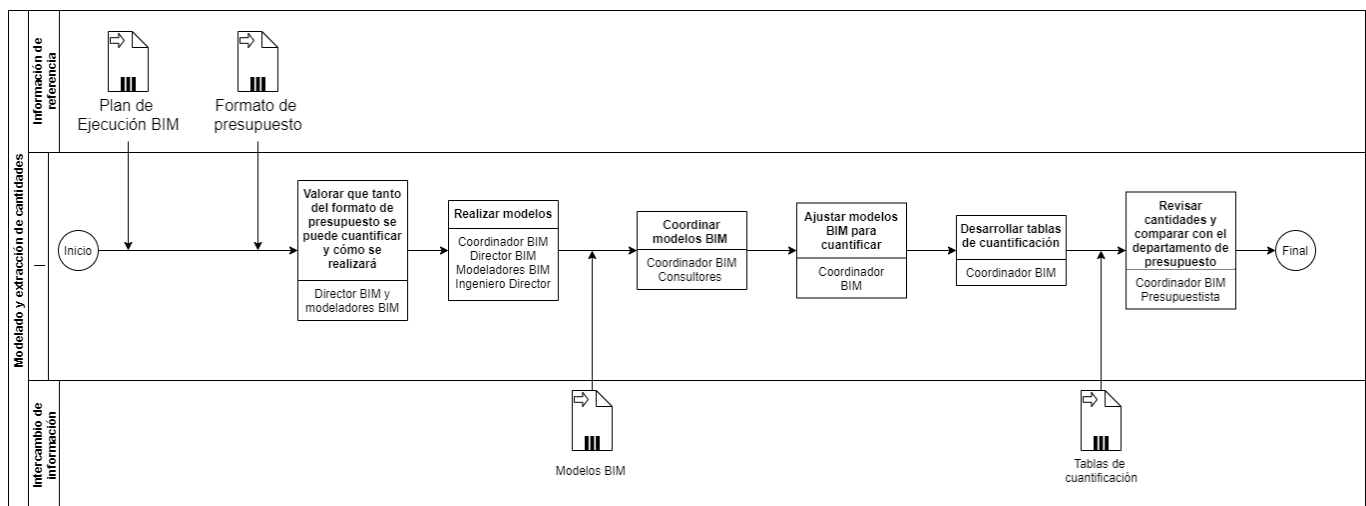
Se propone que estos modelos que se realizan sean en una primera instancia para coordinación con otras disciplinas, planificar la obra, extracción de cantidades y la realización de planos taller. Se deberá realizar anotaciones en los planos y entregar estos a los consultores para que se realicen las correcciones necesarias, mediante un registro de conflictos/dudas vinculados con los modelos conciliados para llevar el control de correcciones y aclaraciones con respecto al diseño.

En caso de que se obtengan modelos por parte de los consultores, se coordinarán estos siguiendo el flujo de trabajo que se mostró anteriormente en la Figura 6 y además se seguirá el flujo de trabajo respecto a la extracción de cantidades que se mostró en la Figura 7 así este sufre una modificación con respecto a no diseñar, sino que se revisarán los modelos, se valorará que tanto

del formato de presupuesto se puede cuantificar y cómo se realizará y se ajustarán los modelos BIM para cuantificar; extrayendo de estos la información.

A continuación se muestra el flujo de trabajo en BIM cuando se tenga el caso de que no existen modelos BIM por parte de los consultores. Asimismo, se explicó anteriormente cómo se iba a proceder cuando se obtengan modelos por parte de los consultores. Cabe destacar que indistintamente si se realizan modelos por parte de las empresas constructoras o bien se obtienen modelos por parte de las empresas consultoras, se deberá seguir el flujo de trabajo mostrado en la Figura 8 en lo que respecta al modelo de registro de la información, operación y mantenimiento.

Figura 9. Diagrama de flujo de procesos para cuando no existan modelos por parte de los consultores.



Fuente: (Computer Integrated Construction (CIC) Research Program, 2011).

8. Incorporación de software

El tema de software ha generado que muchas personas piensen que el BIM es solamente eso, la utilización de una cantidad de software y la preparación del personal en el uso de estos, sin embargo, cabe destacar que el BIM va más allá y esto ha podido quedar comprobado con la realización de este Plan de Implementación. No obstante, lo que no se puede obviar es la necesidad de personas preparadas en el desarrollo, interpretación, revisión y extracción de información de un modelo, siendo este proceso de adquisición de estas habilidades no instantáneo.

Cabe destacar como un software no sería el causante principal de que una implementación BIM presentara fallos importantes, ya que este se puede cambiar de una manera más fácil, sin embargo, el cambio de alguno de estos debido a ineficiencias traería afectaciones tanto en tiempo como en costo, de ahí la certeza que se debe de tener en la elección.

Abonado a lo anterior, es importante resaltar como la selección de estos software es una labor que demanda de una gran cantidad de tiempo debido a la gran cantidad que existen en el mercado. Ante esto, es necesario adoptar aquellos que brinden el mayor beneficio a un menor costo y que se ajustan a los usos, objetivos y flujos de trabajo en BIM que proyecte la empresa.

Otro punto muy importante a tomar en cuenta es la utilización de estos software a nivel nacional, ya que podrían presentarse problemas de interoperabilidad, por lo que es de suma importancia la adopción de software con los cuales el ámbito nacional esté más familiarizado ya que esto facilitará la forma de trabajo y en ocasiones la búsqueda de personal capacitado.

Para la elaboración de este apartado, se analiza una lista de herramientas BIM publicada en la página del BIM Forum Costa Rica, se cuenta con una encuesta denominada “Uso de BIM en Costa Rica” realizada por 870 personas del sector constructivo y proporcionada por la Comisión BIM del CFIA; recomendaciones de los profesionales expertos en la metodología BIM, además se realizaron pruebas en los distintos software.

Los softwares definidos para este plan se dividen en 3 grandes grupos, los cuales se listan y describen a continuación, lo anterior como recomendación de uno de los expertos.

1. Software de modelado: herramientas que pueden ser usadas para la realización de modelos de masas conceptuales, creación virtual de prototipos de construcción, documentación de la construcción e incluso diseño detallado a nivel de fabricación para todo un edificio. (LOD Planner, 2019)
2. Software de validación y control BIM: cuando se combinan modelos 3D de diferentes equipos de proyecto, a menudo se pueden descubrir problemas. Estos problemas pueden ser resueltos en un modelo virtual a un costo muy bajo comparado con encontrarse estos en el sitio de trabajo. En ocasiones existen miles de problemas a los cuales darles un seguimiento, siendo estas herramientas esenciales en la obtención de los verdaderos beneficios de BIM. (LOD Planner, 2019)
3. Software de colaboración BIM: usualmente los modelos y la documentación que surge a partir de estos son creados por muchas partes interesadas. Para que todas las personas se mantengan en la misma página, estos modelos no pueden permanecer en silos. Estas herramientas de colaboración BIM permiten a los equipos a compartir y acceder a los modelos y la documentación correcta en los momentos correctos. (LOD Planner, 2019)

Software de modelado

En lo que respecta a la creación de modelos BIM existe un sinnúmero de software de diferentes desarrolladores los cuales se dividen en áreas funcionales. A nivel de modelado de arquitectura se destacan software como Revit, Archicad, Vectorworks, Sketchup, etc. Asimismo, en lo que respecta al modelado y cálculo de estructuras se tienen software como Robot, CypeCAD, Tekla Structures, etc. También, entre los software que refieren al modelado y cálculo de instalaciones MEP se encuentran Revit MEP, CypeMEP, MEP Modeler, etc. Al mismo tiempo entre los software que sobresalen en el modelado de obra civil se destacan Civil 3D, InRoads, ReCap360, InRoads, etc.

Es oportuno manifestar que debido a los objetivos BIM de la empresa, no es eficiente ni rentable enfocarse en aquellas herramientas que solo cubren un área funcional, ya que lo anterior implicaría la compra de una cantidad mayor de software, una mayor cantidad de capacitaciones y complicaciones en el tema del manejo de la información debido a la interoperabilidad que deberá de realizarse al pasar de herramienta a herramienta.

Debido a lo anterior se decide por la herramienta Revit del desarrollador Autodesk para suplir las necesidades de modelado tanto de diseño como as-built que se tengan en la empresa. Es importante destacar que la elección de este software se basa en la encuesta Uso de BIM en Costa Rica, realizada por la comisión BIM de CFIA en la cual el 88% de los encuestados respondió que utiliza el software Revit ante un 8% solamente que utiliza Archicad, que es el software de competencia. Además, en la empresa uno de los dibujantes/modeladores tiene una gran experiencia en la utilización del software y otra de las dibujantes/modeladoras actualmente se encuentra llevando un curso a nivel avanzado de Revit.

La utilización de Revit hará que la curva de aprendizaje se reduzca, además, gracias a la gran capacidad de otorgamiento de licencias gratuitas para estudiantes que posee el desarrollador Autodesk será más fácil de encontrar personal calificado en el mercado, situación que no sucede con otros software. Asimismo, se facilitará el trabajo colaborativo entre equipos multidisciplinarios debido a la gran cantidad de usuarios en el país que utiliza este software.

Software de validación y control BIM

De acuerdo con Becerick & Geber (2010) uno de los usos más utilizados en BIM es la detección de choques de sistemas constructivos, nada más superado por el uso de visualización de modelos. La elección de esta plataforma con un debido protocolo y flujo de trabajo asociado; por causa de la cantidad de problemas ocasionados por los choques de sistemas que se presentan en obra y el riesgo y costo que estos representan, es de vital importancia.

A nivel de esta área funcional se destacan software como Solibri Model Checker de la desarrolladora Nemetscheck Group además del software Autodesk

Navisworks Manage de la desarrolladora Autodesk. Solibri Model Checker requiere que los modelos sean exportados en formatos IFC, lo cual no debería de ser un inconveniente alguno, sin embargo, se reportan entre los usuarios fallos y pérdidas de información al trabajar con archivos con este formato.

Debido a lo anterior se toma la decisión de utilizar la herramienta Navisworks Manage del desarrollador Autodesk en lo que respecta a la coordinación de sistemas constructivos. Es importante recalcar que la declinación hacia este software al igual que Revit está en función de que es un software muy utilizado en Costa Rica, ya que de acuerdo a la encuesta Uso de BIM en Costa Rica realizada por el CFIA un 36% utiliza este software, lo cual es el equivalente a 104 respuestas. Asimismo, la mayoría de Ingenieros tanto Civiles como en Construcción en la empresa han recibido cursos referentes a esta herramienta por lo que su uso será más fácil a nivel de proyectos. Esta plataforma presenta una ventaja considerable en comparación con las otras en que al ser de la casa matriz Autodesk los trasposos de información son confiables y no existen pérdidas de información a la hora de la exportación.

Ahora bien, los problemas encontrados en cuanto a choques de sistemas deben de ser gestionados y comunicados de manera eficiente a los distintos modeladores mediante una herramienta. Con respecto a esta se toma la decisión de utilizar la herramienta BIMcollab esto debido a su bajo costo y porque esta posee una versión gratuita para 4 personas editoras, funcionando muy bien esta versión cuando no hay una gran cantidad de modeladores en el proyecto. Además, se descartó la opción de BIMtrack debido a su alto costo, sin embargo, se invita a los lectores y ejecutores de este plan a no perderle el rastro a esta plataforma para que cuando la industria este familiarizada con este tipo de herramientas y se le dé un uso constante a estas, pueda nuevamente ser tomada en cuenta como una posibilidad para su uso.

Software de colaboración BIM

La incorporación de este software es posiblemente una de las mejoras más importantes de cualquier implantación tecnológica en un entorno de proyectos.

Partiendo del hecho de que se debe romper la barrera del intercambio tradicional vía correo, para emplear un registro más automatizado y eficiente, que no obligue a los coordinadores de proyectos a gestionar información no estructurada en correos, reduciendo su valor como gestores de proyectos a gestores de correos electrónicos.

Es importante que estos nuevos sistemas de intercambio de información sean trazables (permitan ver cuándo y quién ha realizado modificaciones además de observar cuáles han sido estas modificaciones desde el inicio del proyecto), sean archivables, configurables y sobre todo seguros. Lo anterior, elimina los envíos del tipo WeTransfer, que carecen de trazabilidad y garantía de que los archivos no sean copiados en el camino.

Para la elección de este software de colaboración primero se hizo un análisis del cloud propio de la compañía QNAP que posee la empresa. Este servicio en la nube posee la capacidad de almacenar información estructurada a través de carpetas. Realizando un análisis de la herramienta se toma la decisión de descartar la misma debido a los siguientes motivos:

- Solo posee tres tipos de permisos: acceso denegado, solo leer y leer y editar. Además, si una persona tiene permisos para una carpeta, los tiene también para todo lo que hay dentro, no teniendo esta herramienta la capacidad de poder ampliar los permisos dentro de las carpetas.
- Si una persona no tiene permisos para una carpeta esta persona la puede ver, sin embargo, si entra a esta no puede observar nada de lo hay dentro. Esto no es beneficioso debido a que idealmente si no se tiene permisos no se debería siquiera de ver la carpeta .
- Se maneja en esta nube información empresarial muy sensible por lo que añadir miembros a esta de muchas empresas sub contratadas además del cliente no resulta una muy buena idea, ya que si bien existen los permisos en algún momento se podría cometer un error dándole más acceso del debido a cierta persona, pudiéndose filtrar información valiosa de la empresa.
- Su aplicación de servicio remoto, no tiene la capacidad de abrir formatos del tipo .dwg, .rvt, .nwd, etc. Por lo que a la hora de estar en campo no se podría revisar cierta información, teniendo que estar todo en pdf.

Posterior a este análisis se realizó una búsqueda en el mercado seleccionándose 5 software siendo estos los siguientes: Procore, BIM360 Document Management, Plangrid, Trimble Connect y Dalux Box Pro.

A partir de esta selección fue descartada por su alto costo la opción de Procore. Esta es una plataforma muy robusta de gestión de la construcción, su uso inicialmente tan reducido no resultaría rentable para la organización, además, de que este no es un software BIM como tal. Sin embargo, en los últimos meses este desarrollador ha realizado ciertas integraciones a su plataforma asociadas a la metodología BIM, las cuáles aún se encuentran en una etapa de prueba y mejora por lo que se insta a los lectores y ejecutores de este plan a no perderle el seguimiento a este software, para que cuando se haya alcanzado un grado de madurez importante en la empresa y el software también haya hecho del BIM parte de sus flujos de trabajo, se pueda nuevamente analizar la posibilidad de su uso.

Asimismo, el software Plangrid también fue descartado ya que aunque este software tiene una gran capacidad para gestionar planos, su nula estructuración de carpetas y subcarpetas en el guardado de archivos así como también la inexistencia de restricciones a la visualización o edición de documentos lo hacen poco competitivo. Por otra parte, se realizó una demo de 12 días con el software Dalux Box Pro, teniéndose deficiencias en cuanto a la gestión de la información, por lo que esta plataforma también fue descartada.

Ante lo anterior y debido a la elección del software de Revit y Navisworks en apartados anteriores se decide por la herramienta BIM360 Document Management. Este gestor documental es el mejor para la fase de diseño, si se trabaja en entorno Autodesk, asimismo, para la fase de construcción, permite llevar un versionamiento eficiente de los planos del proyecto. Además, cuenta con una estructura e información completamente separada para cada proyecto con una interfaz sencilla muy similar a una ventana de Windows en lo que respecta a las carpetas, teniendo esta un navegador “en árbol” de carpetas las cuales poseen una restricción a la visualización o edición de documentos de acuerdo con un control de accesos y permisos previamente definido.

Por otra parte, este software tiene un comparador de versiones tanto en 2D como en 3D, el cual es el inteligente si se trabaja con programas de la colección de Autodesk. Asimismo, se pueden realizar marcas de revisión e incidencias, gestionando estas de manera integral con los responsables asociados. Una de las ventajas que se tiene con este software es que al momento del pago de la suscripción, se puede invitar a todos los interesados del proyecto que se desee esto según Piedra, A. y Arguedas, J. (2020) expertos en la metodología BIM fundadores de empresas de consultoría BIM en el país.

Por último, es importante evidenciar la deficiencia que posee este gestor a nivel de visualización del modelo de la información en campo, ya que la experiencia a nivel de usuario no es satisfactoria. Es por esto, que en este plan se propone una alternativa ante esta desventaja que se presenta.

Software complementarios

Debido a que uno de los objetivos BIM es el establecimiento de una herramienta para la visualización en campo de los modelos y su documentación y ante la deficiencia en la visualización de modelos que ofrece el software BIM360 en dispositivos móviles, se propone el software Dalux BIM Viewer para la observación de modelos en campo. Este es un software gratuito que combina planos en 2D con modelos 3D, teniendo estos últimos la capacidad de ser filtrados generándose visualizaciones personalizadas del modelo. Además, si se trabaja con modelos en Revit o Navisworks, estos pueden ser exportados fácilmente a través de la utilización de un plugin gratuito que ofrece este desarrollador. La única problemática que ofrece este software es la necesidad de conexión a internet para su uso, lo cual será solucionado mediante el compartimiento de internet, a través de dispositivos telefónicos.

Una de las funciones del Coordinador BIM que se propone en el equipo de liderazgo en este plan es la de la realización de métricas para que en coordinación con el departamento de presupuestos estas puedan ser comparadas evidenciando errores y/o fiabilidad de las mediciones a partir de modelos. Para la realización de estas métricas se utilizará primeramente la herramienta “Quantity Take Off” del

software Navisworks así como también del apoyo del software Revit. Los costos en BIM es un tema complejo que se sale del alcance de este plan, sin embargo, se recomienda a los lectores y ejecutores de este a generar estadísticas comparativas entre el Take Off virtual y el Take Off manual con el objetivo de generar datos suficientes que respalden un posible cambio e inserción de los modelos BIM en los flujos de trabajo del departamento de presupuestos.

9. Equipamiento tecnológico

En cuanto a los sistemas de hardware requeridos, si bien es transcendental tener claro el o los software a utilizar de acuerdo al alcance que se busque en el desarrollo de proyecto BIM, esto trae consigo una inversión en equipos computacionales adecuados y suficientes que generen un trabajo fluido. Por lo general, los desarrolladores de software ofrecen dos tipos de recomendaciones de hardware según sea el software, siendo estos requerimientos mínimos y requerimientos recomendados o de alto rendimiento.

Las configuraciones básicas no aseguran una fluidez completa y genera incertidumbre respecto a si se cumplirán los requisitos del software, por lo que no es recomendable elegir este tipo de configuración. En lo que respecta a la configuración recomendada esta permite una alta fluidez, garantizando una compatibilidad del equipo por al menos dos años, sin embargo, este tipo de configuraciones suelen tener exigencias muy altas que influyen fuertemente en el costo final del equipo.

Dado el alto nivel técnico que se requiere, para este plan se contó con la asesoría de especialistas en informática y redes, especialmente del Ing. Roberto Contreras encargado de esta área en la empresa. Estructuras S.A. como parte de sus activos posee dos laptops especializadas para trabajos empresariales de alta demanda, estos equipos cuentan con buenos comentarios en cuanto su uso en proyectos de parte de sus usuarios. El ingeniero Contreras facilitó los detalles de estos computadores, siendo estos los siguientes:

- **Sistema operativo:** Windows 10 Home, 64-bit, English.

- **Procesador:** 9th Generation Intel® Core™ i7-9750H (12MB Cache, up to 4.5 GHz, 6 cores)
- **Tarjeta gráfica:** NVIDIA® GeForce RTX™ 2070 8GB GDDR6 with Max-Q Design
- **Memoria:** 16GB, 2x8GB, DDR4, 2666MHz
- **Disco duro:** 256GB M.2 PCIe NVMe Solid State Drive (Boot) + 1TB 5400 rpm 2.5" SATA Hard Drive (Storage)

Aunque dichas laptops han trabajado de una buena manera, se realiza una propuesta de mejora hacia estas, esto con respecto a los requisitos del sistema de los productos Revit 2021 en cuanto a modelos complejos de gran tamaño.

- **Sistema operativo:** Windows 10 Home, 64-bit, English.
- **Procesador:** 9th Generation Intel® Core™ i7-9750H (12MB Cache, up to 4.5 GHz, 6 cores)
- **Tarjeta gráfica:** NVIDIA® GeForce RTX™ 2070 8GB GDDR6 with Max-Q Design
- **Memoria:** 32GB, 2x16GB, DDR4, 2666MHz
- **Disco duro:** 1TB M.2 PCIe NVMe Solid State Drive (Boot) + 1TB 5400 rpm 2.5" SATA Hard Drive (Storage)

10. Plan de capacitación para el personal

Este plan de capacitación está orientado al equipo de liderazgo que se propone en este plan, a los ingenieros directores y residentes de la empresa, así como también para los maestros de obras. Cabe destacar que estos últimos juegan un papel vital ya que son los que más contacto tienen con la obra, siendo este lugar en donde se ven materializados todos los esfuerzos en diseño y coordinación que se realizan al momento de la creación de los modelos de información. Es importante recalcar que por más que se realicen modelos 3D y se coordinen estos, si la información contenida en planos no es la suficiente y además no existe una

inducción adecuada a las personas en el campo sobre el uso del 3D, al momento de la construcción se encontrarán los problemas habituales.

En lo que respecta a los ingenieros directores y residentes, debido a que algunos de estos ya han recibido previamente cursos de Revit y Navisworks (la mayoría), se propone que el Director BIM sea el encargado de diseñar un curso tanto de refrescamiento de conocimientos para estos, así como también un curso desde cero para aquellos que no estén familiarizados de previo con las herramientas. Lo anterior supone una reducción de costos en la implementación, realizando las inducciones con personal propio de la empresa, estas deben realizarse preferiblemente de manera presencial en horario laboral y en las instalaciones de la empresa. Se adjunta una propuesta de temas que se deberán cubrir con estos cursos.

Cuadro 2. Temas a cubrir en cursos de Navisworks y Revit.

Tipo	Revit	Navisworks
Desde 0 dirigido a ingenieros residentes y directores	<ul style="list-style-type: none"> Herramientas básicas de navegación, consulta y visualización (navegación, secciones, vistas, cuadro de propiedades, caja de sección, diálogo de visibilidad, gráficos para la vista actual, medición). Actualización de información de elementos (referencias para as-built). Uso de familias (categorización de los elementos). 	<ul style="list-style-type: none"> Herramientas básicas de navegación, consulta y visualización (navegación, secciones, vistas, visibilidad, sets, cuadro de propiedades, árbol de selección, caja de sección, diálogo de visibilidad, gráficos para la vista actual, medición).
Actualización dirigida a ingenieros residentes y directores	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas de cuantificación. Creación de tablas de planificación. 	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas de cuantificación. Creación de libros de cuantificación. Detección de interferencias.

Fuente: autoría propia.

En lo que refiere a estos cursos básicos de Revit y Navisworks para ingenieros residentes y directores, debe tenerse en consideración que para la utilización de estos software (con todas sus funcionalidades) se necesita de una licencia por usuario, la cual es costosa. Por lo que se deberá de analizar el uso de estas a nivel de ingenieros residentes y directores en cada proyecto en específico. Estos detalles son lo que las academias de formación o formadores no ofrecen a sus clientes, ya que esto representaría afectaciones a sus negocios.

Por lo tanto, se ofrecen dos alternativas totalmente gratis (con limitaciones) que ofrece la compañía Autodesk. La primera de estas corresponde a Revit Viewver, este es un software utilizado para revisar modelos sin una licencia activa que tiene entre una de sus limitantes el no poseer la capacidad de crear tablas de planificación (cuantificaciones). La segunda de estas corresponde a Navisworks Freedom, este es un software para revisar los modelos; también puede ser utilizado sin una licencia activa; este a su vez posee una limitante: no se puede realizar en él cuantificaciones ni detección de interferencias.

De acuerdo con lo anterior, en lo que respecta a la visualización de modelos se recomienda el software Navisworks, el cual tiene poca exigencia a nivel de hardware y además, su formato no permite que se le realicen modificaciones al modelo, esto evita un inconveniente en términos de propiedad intelectual. Por último, los ingenieros residentes y directores recibirán también inducciones de BIM360 y Dalux.

En lo que se refiere a los maestros de obras, se propone que el Director BIM sea el encargado de las inducciones, debido a que no existe en el país un curso en lo que respecta al software de colaboración BIM360 y al software de visualización Dalux. Esta inducción debe estar enfocada en la visualización eficiente de planos, uso de hipervínculos, mediciones, navegación y visualización 3D. Cabe destacar la importancia de la concientización hacia estos, en relación con el modelo 3D, ya que este es solamente una referencia; y cualquier medida que acá se tome también es referencial. Respecto a las dimensiones, estas siempre deberán de obtenerse de cotas creadas previamente en las láminas de los planos, o bien si se utiliza la herramienta de medir en el BIM360, se deberá de comprobar la correcta calibración.

Por último, en cuanto a lo referente al equipo de liderazgo se propone la siguiente capacitación. Cabe destacar que se proponen cursos web por su bajo costo y su buen contenido, además de que estos una vez adquiridos por la empresa pasan a ser activos de esta para próximas capacitaciones. En mucha literatura se menciona que el Director BIM no necesariamente debe tener un alto conocimiento en el uso de las herramientas BIM, sin embargo, para este plan de implementación se recomienda que este tenga un manejo avanzado de las plataformas con el objetivo de que pueda guiar a su equipo resolviendo problemas que se presenten además de proponer procesos de mejora.

Ante la propuesta de estos cursos en línea, será el Director BIM el encargado de diseñar un método de evaluación para controlar el correcto aprendizaje de su equipo. Lo anterior no supone gran problema debido a que los cursos que se proponen presentan o ya sea un examen de prueba o bien un certificado de finalización. Cabe destacar que estos cursos se centran plenamente en la utilización de la herramienta por lo que los verdaderos retos se encontrarán a la hora de poner en práctica lo aprendido.

En cuanto a los protocolos y flujos de trabajo que tendrán que ser diseñados, estos estarán a cargo del Director BIM que también se apoyará del Coordinador BIM. Se propone un curso virtual para el Director BIM denominado Implementación de Protocolos y Guías BIM, impartido por la Cámara de la Construcción en colaboración con el BIM Forum Costa Rica.

Una vez el Director BIM haya recibido el curso, asimilado y puesto en marcha el mismo, deberá de poder transmitirle sus conocimientos a los demás colaboradores de la empresa de acuerdo con las necesidades de estos. Es importante destacar de que el BIM así como requiere de una formación continua por parte de sus ejecutores también requiere de una mejora continua en cuanto a los flujos de trabajo que bajo esta metodología se realizan, teniéndose en cuenta la planeación y la implantación, la ejecución, la revisión y el análisis; y por último la corrección. Personas entusiastas con un alto nivel investigativo serán necesarias.

A continuación se muestra una tabla resumen correspondiente a la capacitación necesaria. Con respecto a esta, puede que algunos ingenieros

residentes o directores no necesiten de ciertas capacitaciones como ya se mencionó anteriormente así como ciertos integrantes del equipo de liderazgo, sin embargo, con respecto a estos últimos dependerá de la elección que se realice en la empresa, destacándose esta elección que no deberá de ser impositiva sino voluntaria.

Respecto a las inducciones sobre los flujos de trabajo y protocolos a nivel de intercambio de información, estas en su totalidad serán dadas por el Director BIM y se recomienda que sean impartidas próximas a la realización de un proyecto BIM. Lo anterior facilitará la puesta en práctica de los conocimientos a corto plazo, evitando esto olvidos de estas inducciones por parte de los colaboradores.

Cuadro 3. Resumen de capacitación empresarial requerida.

Cargo		Capacitación
Ingenieros residentes y directores		<ul style="list-style-type: none"> • Curso básico desde 0 focalizado en Revit y Navisworks. • Curso de refrescamiento de conocimientos focalizados en Revit y Navisworks. • Inducción en BIM360 y Dalux.
Maestros de obras		<ul style="list-style-type: none"> • Inducción en BIM360 y Dalux.
Equipo de liderazgo BIM	Director BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender Revit desde 0 con un proyecto. <ul style="list-style-type: none"> • Navisworks Manage. Herramienta del BIM Coordinator. • Navisworks, simulaciones, interferencias y visualización BIM • Implementación de Protocolos y Guías BIM. • Curso de BIM360: Docs Essential Training. <ul style="list-style-type: none"> • Curso Aprende a Realizar Topografía con Drone Paso a Paso. • Estudio independiente de Dalux.
	Coordinador BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender Revit desde 0 con un proyecto. <ul style="list-style-type: none"> • Navisworks Manage. Herramienta del BIM Coordinator. • Navisworks, simulaciones, interferencias y visualización BIM <ul style="list-style-type: none"> • Curso de Revit Familias Paramétricas. • Curso Revit MEP esencial.
	Modelador BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender Revit desde 0 con un proyecto. <ul style="list-style-type: none"> • Curso de Revit Familias Paramétricas. • Curso Revit MEP esencial.

Fuente: autoría propia.

11. Recursos económicos para la implementación

En esta sección, se presentan los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la implementación, todo esto de acuerdo a las secciones 7, 8 y 9 de este documento. Se acuerda con la comisión BIM iniciar esta implementación con dos personas, el Director BIM y el Modelador BIM, adquiriéndose las funciones del Coordinador BIM por parte de estos dos colaboradores. Además, debido a que se proyecta que estos dos colaboradores tengan un nivel avanzado con la herramienta de modelado de Autodesk Revit, el curso referente a esta plataforma no es tomado en cuenta.

Cuadro 4. Costos de la implementación.

Software (Costo anual)					
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	% relativo	% absoluto
Architecture, Engineering & Construction Collection	2	\$1,980.00	\$3,960.00	87.22%	-
BIM360 Document Management	1	\$580.00	\$580.00	12.78%	-
Dalux BIM Viewver	TD	\$0.00	\$0.00	0.00%	-
Revit Viewver	TD	\$0.00	\$0.00	0.00%	-
Navisworks Freedom	TD	\$0.00	\$0.00	0.00%	-
Costo Subtotal			\$4,540.00	100.00%	57.99%
Costo Subtotal			¢2,582,261.20	-	-
Hardware (Costo de implementación)					
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	% relativo	% absoluto
Laptop acorde a los requisitos	1	\$2,700.00	\$2,700.00	100.00%	-
Costo Subtotal			\$2,700.00	100.00%	34.49%
Costo Subtotal			¢1,535,706.00	-	-
Capacitación (Costo de implementación)					
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total	% relativo	% absoluto
Curso básico desde 0 focalizado en Revit y Navisworks	TD	\$0.00	\$0.00	0.00%	-
Curso de refrescamiento de conocimientos focalizados en Revit y Navisworks	TD	\$0.00	\$0.00	0.00%	-
Inducción en BIM360 y Dalux	TD	\$0.00	\$0.00	0.00%	-
Aprender Revit desde 0 con un proyecto (En línea)	0	\$18.99	\$0.00	0.00%	-
Navisworks Manage 2018. Herramienta del BIM Coordinator (En línea)	1	\$21.99	\$21.99	3.74%	-
Navisworks, simulaciones, interferencias y visualización BIM (En línea)	1	\$18.99	\$18.99	3.23%	-
Curso de Revit Familias Paramétricas (En línea)	2	\$70.20	\$140.40	23.85%	-
Implementación de Protocolos y Guías BIM (En línea)	1	\$196.40	\$196.40	33.36%	-
Curso de Revit MEP Esencial (En línea)	2	\$49.99	\$99.98	16.98%	-
BIM360: Docs Essential Training (En línea)	1	\$49.99	\$49.99	8.49%	-
Curso Aprende a Realizar Topografía con Drone Paso a Paso (En línea)	1	\$22.99	\$22.99	3.91%	-
ArchiCad 33 en Español desde el Nivel "0" (En línea)	2	\$18.99	\$37.98	6.45%	-
Costo Subtotal			\$588.72	81.15%	7.52%
Costo Subtotal			¢334,852.16	-	-
Costo Total Implementación			\$7,828.72	-	100.00%
Costo Total Implementación			¢4,452,819.36	-	-

Donde:

TD = Todos los deseados.

Fuente: autoría propia.

Nota: No se incluye el costo del software BIMcollab ya que este es un software que se utilizará de acuerdo al proyecto además de que su pago se realizará de forma mensual. El costo de este también dependerá de la cantidad de usuarios y del plan de funcionalidades adquiridas. Será el Director BIM el que defina cual plan se adapta mejor al proyecto. Esto también aplica para el software Dalux BIM Viewver, el cual es gratuito con conexión a internet, sin embargo, si se requiriese su uso sin conexión este debe ser cotizado por proyecto ya que su cobro es mensual de acuerdo al monto del proyecto en el cual se esté utilizando, lo anterior de acuerdo a conversaciones sostenidas con la casa matriz.

El monto anterior es mayor debido a la capacitación inicial y al costo del hardware que es elevado. Sin embargo, después de esta inversión inicial el gasto será de \$4540. Se destaca que este monto no tiene asociada la curva de aprendizaje que tendrán que experimentar los distintos equipos que apliquen BIM en los proyectos. Este monto total que se expone en este plan se considera adecuado para el sector y para una empresa grande que sigue creciendo como lo es Estructuras S.A. Cabe destacar que este costo total carece de un monto asociado al pago de salarios a los trabajadores.

12. Características del acceso al entorno común de datos

Para esta sección se explica las características del BIM360 el cual es el entorno común de datos propuesto. Este posee una interfaz sencilla muy similar a una ventana de Windows en lo que respecta a las carpetas, teniendo esta un navegador “en árbol” de carpetas. En este árbol este presenta dos secciones, una sección denominada “Planos” que es el equivalente a tener los planos impresos en papel y otra sección que corresponde a “Archivos de proyecto”, en la cual se ubicarán archivos de Revit, Navisworks, AutoCAD, IFC, PDF, etc.

Los permisos en la plataforma se dividen de la siguiente manera:

- Solo ver: Puede ver documentos, y añadir marcas de revisión/incidencias, pero no cargar ni descargar contenido.
- Ver+descargar: Puede ver documentos, y añadir marcas de revisión/incidencias, pero no cargar contenido.

- Solo cargar: Puede cargar contenido, pero no puede ver el contenido de la carpeta.
- Ver+descargar+cargar: Puede cargar, descargar y ver contenido, y añadir marcas de revisión/incidencias.
- Ver+descargar+cargar+editar: Puede revisar y publicar contenido, así como editar y eliminar contenido de carpetas/subcarpetas.
- Control de carpetas: Controles administrativos completos, incluida la administración del acceso a las carpetas y los cuadros de rotulación.

Para este plan se propone una estructura de nombre de carpetas compuesta por lo siguiente:

- Proceso

Corresponde al proceso del proyecto (ver Cuadro 5).

- Especialidad

Los archivos se ubicarán en las carpetas respectivas, de acuerdo al tipo de especialidad al que pertenece (ver Cuadro 5)

- Estatus (International Organization for Standardization, 2019)

Trabajo en progreso (WIP): Información desarrollada por sus propietarios o equipo de trabajo. No es visible o accesible por nadie más.

Compartido (C): Información aprobada para compartir con la otra parte o con el equipo de trabajo.

Publicado (P): Información autorizada para su uso con mayor detalle del diseño, para construcción o para la gestión de activos.

- Archivos

Detalles (DE): Detalles importados a Revit desde CAD.

Familias (FA): Familias utilizadas en el modelo de Revit.

Cuadro 5. Procesos y especialidades.

Procesos		Especialidades	
Levantamiento	LEV	Arquitectónico	AR
Anteproyecto	ANT	Estructural	ST
Licitación	LIC	Mecánico	ME
Láminas del CFIA	APC	Eléctrico	EL
Construcción	CON	Aire Acondicionado	AC
As Built	AsB	Infraestructura Civil	IC
		Modelo Federado	MF
		General	GE

Fuente: autoría propia.

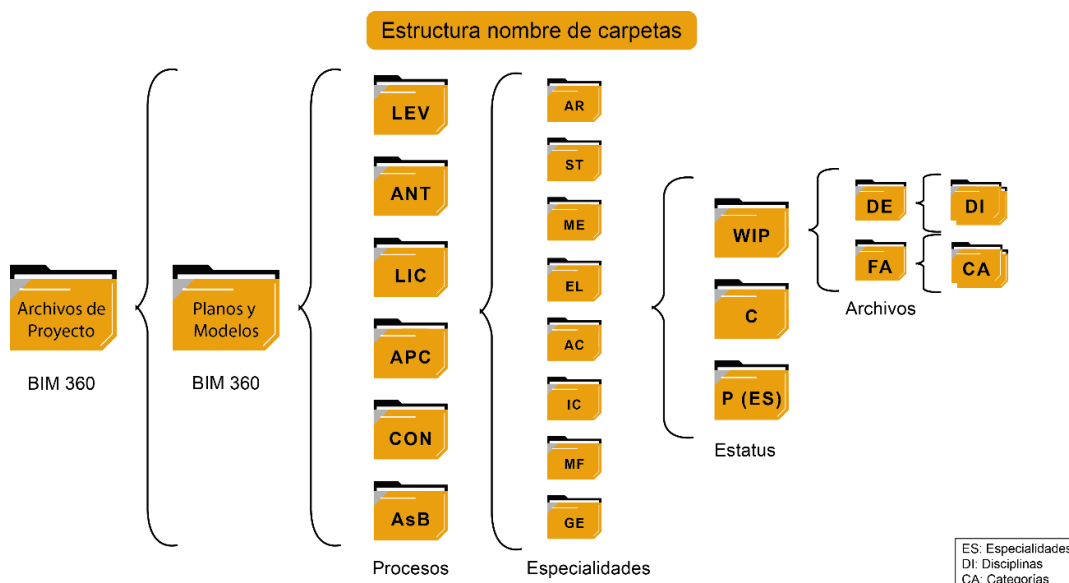


Figura 10. Estructura nombre de carpetas.

Fuente: autoría propia.

Cabe destacar que esta estructura está orientada únicamente a lo referente a planos y modelos de la información por lo será una tarea del Director BIM el estandarizar las demás estructuras de carpetas que surjan en el desarrollo de un proyecto, por ejemplo, submittals, tablas de pago, oficios, etc.

13. Serie de acciones a seguir

Se enumeran a continuación un conjunto de labores que tendrán que realizar el equipo BIM, cabe destacar que estas deberían de ser secuenciales

sin embargo en caso de existir una demanda en lo que refiere a los entregables estas actividades podrían sufrir modificaciones.

- I. Se deberá de establecer a las personas que formarán el equipo de liderazgo BIM que en este plan se propone. Se recomienda analizar primeramente la demanda de trabajo al momento de que se tome esta decisión examinando la necesidad de 2 o 3 personas.
- II. Las personas que conformen el equipo de liderazgo BIM deberán de estudiar el plan de implementación teniendo claro estos la ruta a seguir. Estos también podrán realizar solicitudes de cambios a la gerencia en pro de mejora.
- III. El equipo de liderazgo BIM deberá de iniciar con las capacitaciones que consideren estos necesarias. El director BIM deberá de comprobar los niveles que posee el equipo para que si algún integrante posee un nivel más allá de básico o intermedio no comience desde 0.
- IV. El equipo de liderazgo incumbirá en la creación de un Plan de Ejecución BIM.
- V. El director BIM deberá de preparar las inducciones que en este plan se detallan. Estas serán dadas al personal que las necesita tiempo antes de la ejecución de un proyecto, esto debido a razones que se explicaron previamente.
- VI. El director BIM deberá de crear un plan de evaluación con hitos y puntos de control. Se deberá medir el número de incidencias por proyecto, tiempos de modelado del equipo, cantidad de choques resueltos y no resueltos por proyecto, retrasos con entregables, etc. Además de lo anterior, se deberá de realizar por proyecto y durante toda la ejecución de este (no al final) un documento que englobe los beneficios de la metodología BIM en el proyecto además de las lecciones aprendidas.
- VII. El equipo de liderazgo incumbirá en la creación de manuales de modelado en lo que respecta a las disciplinas de arquitectura y estructura esto con el objetivo de que se realicen modelos aptos para la cuantificación.
- VIII. El equipo operacional BIM deberá de trabajar conjunto con el departamento de presupuestos en la elaboración de un protocolo que

permita primeramente extraer datos útiles de los modelos además de generar estadísticas en cuanto a las cuantificaciones convencionales y las cuantificaciones a través de los modelos 3D. Lo anterior con el objetivo de verificar la veracidad de la información que los modelos arrojan.

- IX. El equipo de liderazgo BIM deberá de estar a la vanguardia incluyendo más actividades BIM a los proyectos de las que en este plan se plantean, incluyéndose el protocolo que permita que los modelos puedan ser utilizados en la etapa de operación y mantenimiento y la utilización de la captura de realidad en la creación de elementos 3D que ayuden en la planificación de los proyectos de construcción.

12. Conclusión y motivación

Este plan propone dos invitaciones, la primera invitación es implementar, hacer de nosotros mismos el más atrevido de los experimentos, el de razonar sin ningún prejuicio, hasta los límites de la razón, hasta la locura si es necesario, quitándole el alma a los conceptos, enfermar de perplejidad, generando en este proceso expresiones intelectuales de vanguardia. La segunda invitación es desarrollar actitud de descubrir, inventar e inaugurar vías del espíritu que nos asombren y además pensar que todo esto pueda ser un acto jubiloso, apreciar el acto del ensayo, una idea que no termina expresada en una acción física es hipocresía pero cuidado si una acción física no es precedida por una idea es el autoengaño de un atolondrado y esto es caro y esto es lo que vemos por lo que fracasan la gente que se ponen a trabajar antes de ponerse a pensar. (Calcagno, 2015)

13. Recomendaciones

- Se recomienda el bloquear la instalación de programas en las laptops que utilicen el grupo operacional BIM, esto con el objetivo de garantizar el óptimo rendimiento de las mismas.
- Se insta a la empresa a comenzar, mediante una licencia estudiantil, con la formación en línea de su dibujante/modelador en lo que respecta al software Archicad. Lo anterior debido a que dicho software es el segundo de más uso en Costa Rica.

- Debido a la existencia de un drone en la empresa, se recomienda la capacitación de un miembro del equipo operacional BIM en lo que respecta a la técnica de fotometría para generar a través de la captura de realidad nubes de puntos a partir de las cuales se puedan crear elementos 3D que ayuden en las fase de planeación de los distintos proyectos.
- Se insta a la empresa a documentar todos los procesos de trabajo que se realizan en la empresa. Lo anterior ayudará a identificar el estado actual de los distintos procesos con el fin de saber cómo mejorarlos. Dichos procesos de trabajo deberán tener asociados protocolos estandarizados.
- Se recomienda que las capacitaciones en cuánto a los flujos de trabajo y la utilización de herramientas, sean impartidas próximas a la realización de un proyecto BIM. Lo anterior facilitará la puesta en práctica de los conocimientos a corto plazo, evitando esto olvidos de estas inducciones por parte de los colaboradores.
- Se insta a la empresa a utilizar a manera de demo diferentes softwares en lo que respecta a la administración de activos. A partir de lo anterior, se podrá implementar la plataforma que mejor se ajuste a las necesidades. Cabe destacar la importancia de la realización de demos, ya que es la única forma de observar las verdaderas ventajas y deficiencias de las plataformas.
- Se recomienda analizar en cada proyecto la adición de licencias correspondientes a herramientas, las cuales sean incorporadas al presupuesto de la obra.

14. Referencias bibliográficas

- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeiro, M., Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N., & Brown, S. (2017). *Reinventing construction through a productivity revolution*. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>
- Barco, D. (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM*.
- Computer Integrated Construction (CIC) Research Program. (2011). *BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2*.
https://www.bim.psu.edu/bim_pep_guide/
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 19650 Building Information Modelling*.
- LOD Planner. (2019). *The Ultimate BIM Software List for 2019*.
<https://www.lodplanner.com/bim-software/>
- Mischke, J., & Baveystock, N. (2017). *A la espera de una revolución en la construcción*. <https://www.elfinancierocr.com/opinion/a-la-espera-de-una-revolucion-en-la-construccion/DF2SNJKW4NADTP23X5SIM5NOK4/story/>
- Valle, R. (2014). *Factores Claves y Metodología para Planificar la Implementación de BIM al Interior de una Empresa Constructora*.
<http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Factores-Claves-y-Metodología-para-Planificar-la-Implementación-de-BIM-al-Interior-de-una-Empresa-Constructora.pdf>

Apéndice 6. Cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

Implementación BIM Estructuras S.A.

Este formulario correspondiente a la evaluación del entendimiento de la propuesta del Plan de Implementación BIM surge en función del proyecto de graduación denominado "Propuesta de un plan para la implementación BIM en la empresa constructora Estructuras S.A." realizado por el estudiante de Ingeniería en Construcción Antony Vásquez Flores del Tecnológico de Costa Rica.

Objetivos

- Evaluar el entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

***Obligatorio**

1-Seleccione las razones por las cuales Estructuras S.A. debe implementar BIM en sus procesos * 1 punto

- ☐ Competitividad en la industria de la construcción (empresas con departamentos robustos en BIM).
- ☐ Aumento en la productividad (disminución de costos, de riesgos, de tiempos, etc).
- ☐ Estrategia Nacional BIM.

2-¿Representa el ser una empresa constructora un reto significativo a superar a la hora de implementar BIM? * 1 punto

- ☐ Sí
- ☐ No

3-¿Dentro de los objetivos a corto plazo se encuentra el trabajar en conjunto con el departamento de presupuestos en la elaboración de un protocolo que permita extraer métricas estandarizadas de los modelos? * 1 punto

- ☐ Sí
- ☐ No

(a) Cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

Fuente: autoría propia.

4-¿Dentro del alcance de la implementación a largo plazo se encuentra la etapa de licitación y adjudicación? * 1 punto

(Procurando que las organizaciones en las cuales se apoya la empresa en estos procesos trabajen con la metodología BIM, generando modelos a nivel conceptual no tan depurados que ayuden a la empresa a tomar decisiones y presentar ofertas más completas)

- ☐ Sí
- ☐ No

5-¿Cuáles son los cargos que se establecen en el equipo operacional BIM? 1 punto *

- ☐ BIM Manager, Analista BIM, Coordinador BIM
- ☐ Modelador BIM, Coordinador BIM, Director BIM
- ☐ BIM Manager, Modelador BIM, Coordinador BIM
- ☐ Modelador BIM, Analista BIM, Director BIM

6-¿Cuál es el software de mayor uso a nivel de Costa Rica de acuerdo a la encuesta Uso de BIM en Costa Rica del CFIA? * 1 punto

- ☐ Navisworks
- ☐ Archicad
- ☐ Revit
- ☐ Civil 3D

(b) Cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

Fuente: autoría propia.

7-¿Cuál es el software de modelado que se propone? *

1 punto

- ☐ Tekla
- ☐ Revit
- ☐ Archicad

8-¿Cuál es el software de validación y control BIM que se propone? *

1 punto

- ☐ Solibri
- ☐ Revizto
- ☐ Navisworks

9-¿Cuál es el software de colaboración BIM que se propone? *

1 punto

- ☐ Procore
- ☐ PlanGrid
- ☐ Dalux Box Pro
- ☐ BIM360
- ☐ Trimble Connect

(c) Cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

Fuente: autoría propia.

10-El software Dalux BIM Viewer se propone como una herramienta para la visualización en campo de los modelos, ¿cuál es la limitación que posee este software a nivel económico? *

1 punto

- ☐ Su lectura de archivos se limita únicamente al formato IFC
- ☐ Tiene un límite de almacenamiento por proyecto
- ☐ La versión gratuita funciona únicamente con acceso a internet
- ☐ Tiene un límite de usuarios por proyecto

11-¿Está dentro de los objetivos y en la serie de acciones a seguir el establecimiento de un equipo operacional BIM que conforme el departamento BIM de la empresa? *

1 punto

- ☐ Sí
- ☐ No

12-¿Se recomienda el bloquear la instalación de programas en las laptops de alta exigencia que posean el equipo operacional BIM en la empresa? *

1 punto

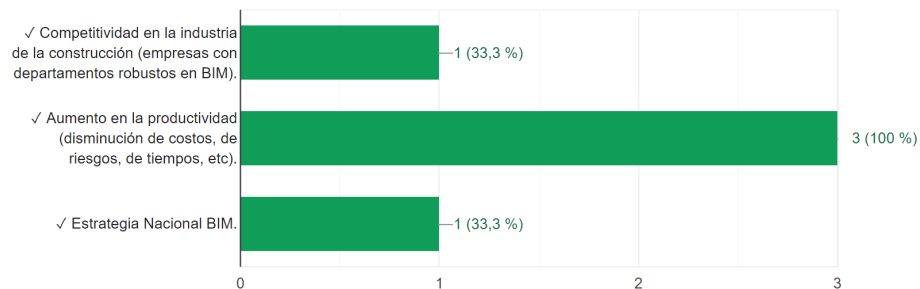
- ☐ Sí
- ☐ No

(d) Cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

Fuente: autoría propia.

Apéndice 7. Respuestas cuestionario evaluación del entendimiento en el uso de la propuesta del Plan de Implementación BIM.

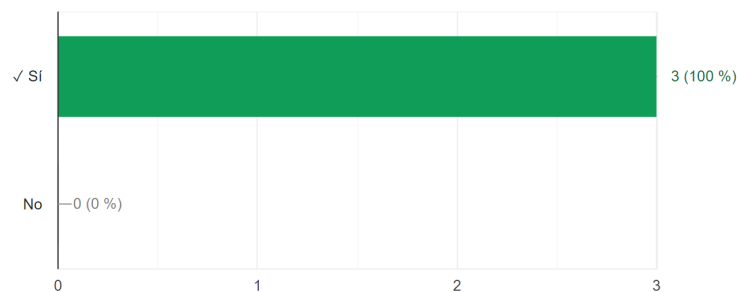
1 de 3 respuestas correctas



(a) Seleccione las razones por las cuales Estructuras S.A. debe implementar BIM en sus procesos.

Fuente: Google Forms.

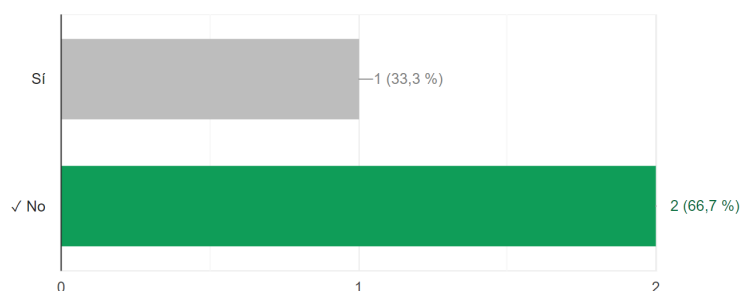
3 de 3 respuestas correctas



(b) ¿Representa el ser una empresa constructora un reto significativo a superar a la hora de implementar BIM?

Fuente: Google Forms.

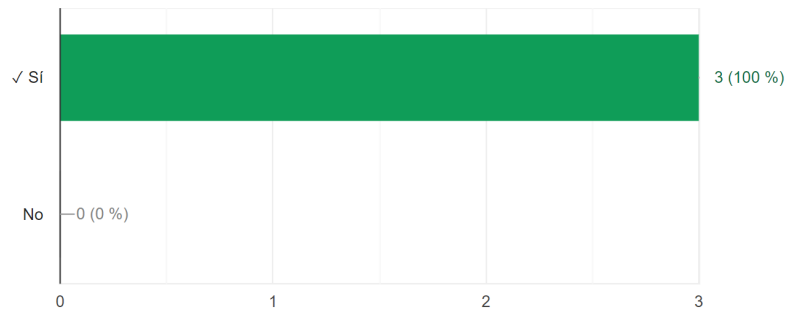
2 de 3 respuestas correctas



(c) ¿Dentro de los objetivos a corto plazo se encuentra el trabajar en conjunto con el departamento de presupuestos en la elaboración de un protocolo que permita extraer métricas estandarizadas de los modelos?

Fuente: Google Forms.

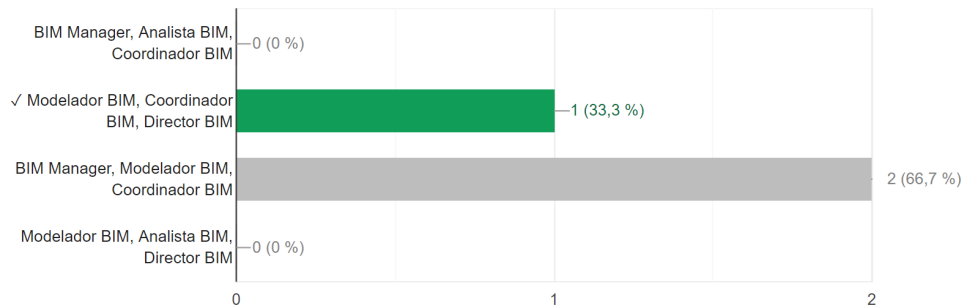
3 de 3 respuestas correctas



(d) ¿Dentro del alcance de la implementación a largo plazo se encuentra la etapa de licitación y adjudicación?

Fuente: Google Forms.

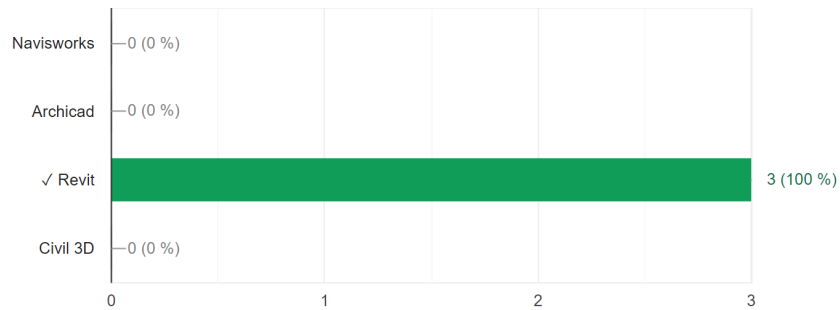
1 de 3 respuestas correctas



(e) ¿Cuáles son los cargos que se establecen en el equipo operacional BIM?

Fuente: Google Forms.

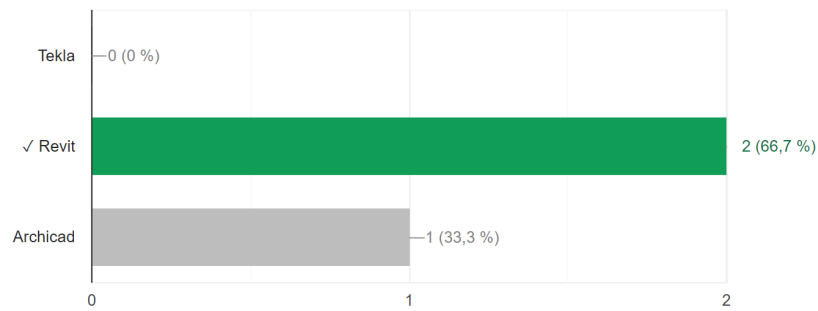
3 de 3 respuestas correctas



(f) ¿Cuál es el software de mayor uso a nivel de Costa Rica de acuerdo a la encuesta Uso de BIM en Costa Rica del CFIA?

Fuente: Google Forms.

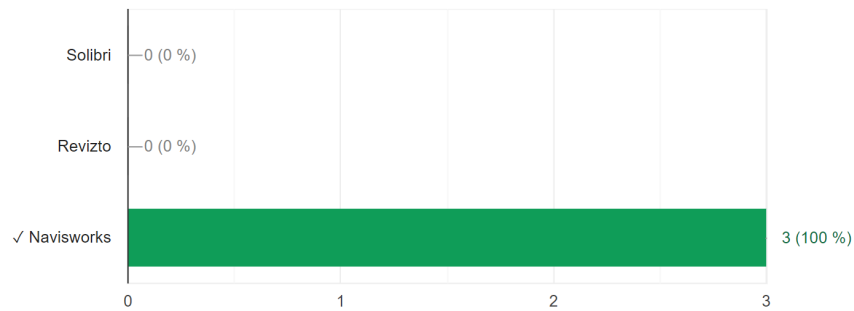
2 de 3 respuestas correctas



(g) ¿Cuál es el software de modelado que se propone?

Fuente: Google Forms.

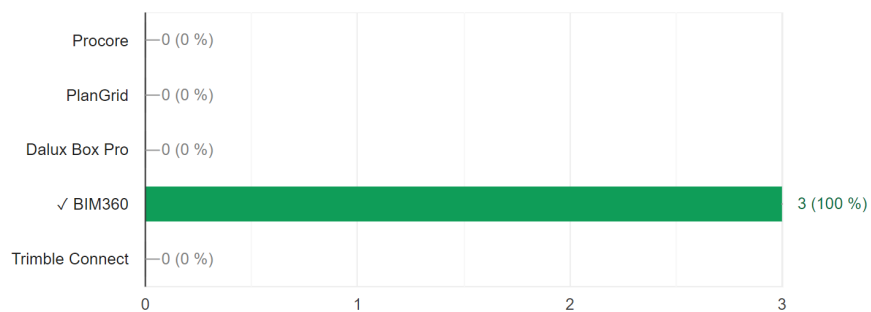
3 de 3 respuestas correctas



(h) ¿Cuál es el software de validación y control BIM que se propone?

Fuente: Google Forms.

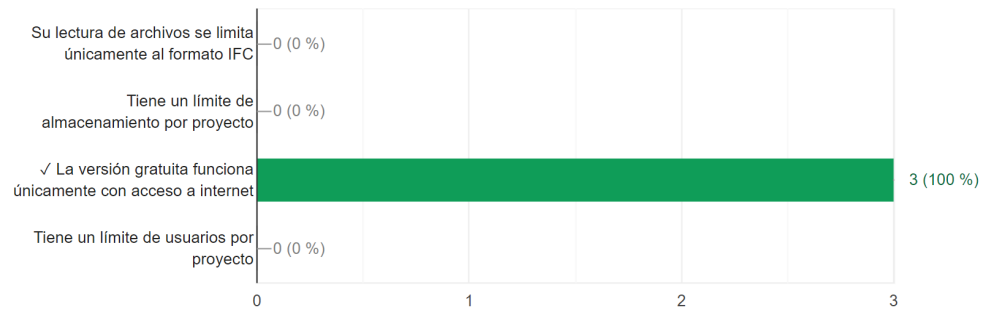
3 de 3 respuestas correctas



(i) ¿Cuál es el software de colaboración BIM que se propone?

Fuente: Google Forms.

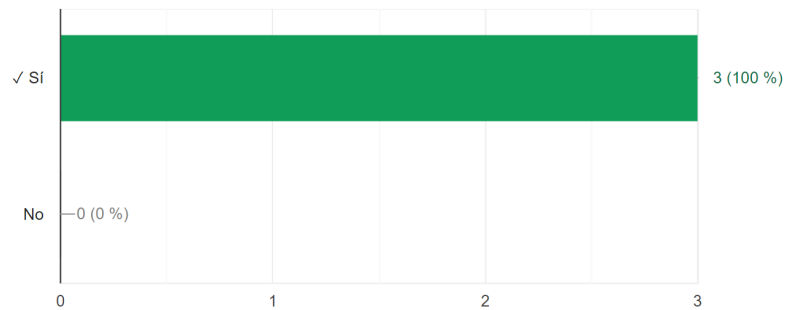
3 de 3 respuestas correctas



(j) El software Dalux BIM Viewer se propone como una herramienta para la visualización en campo de los modelos, ¿cuál es la limitación que posee este software a nivel económico?

Fuente: Google Forms.

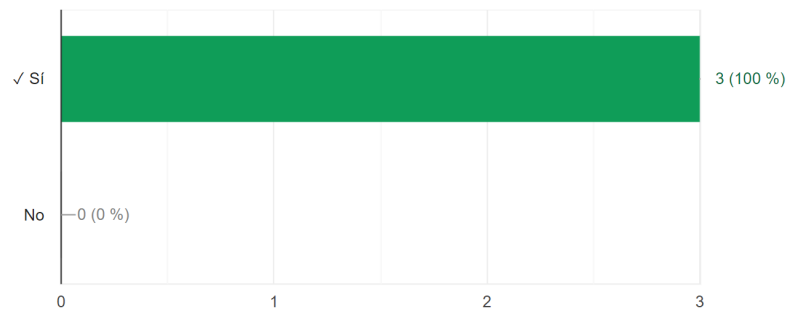
3 de 3 respuestas correctas



(k) Está dentro de los objetivos y en la serie de acciones a seguir el establecimiento de un equipo operacional BIM que conforme el departamento BIM de la empresa?

Fuente: Google Forms.

3 de 3 respuestas correctas



(l) ¿Se recomienda el bloquear la instalación de programas en las laptops de alta exigencia que posean el equipo operacional BIM en la empresa?

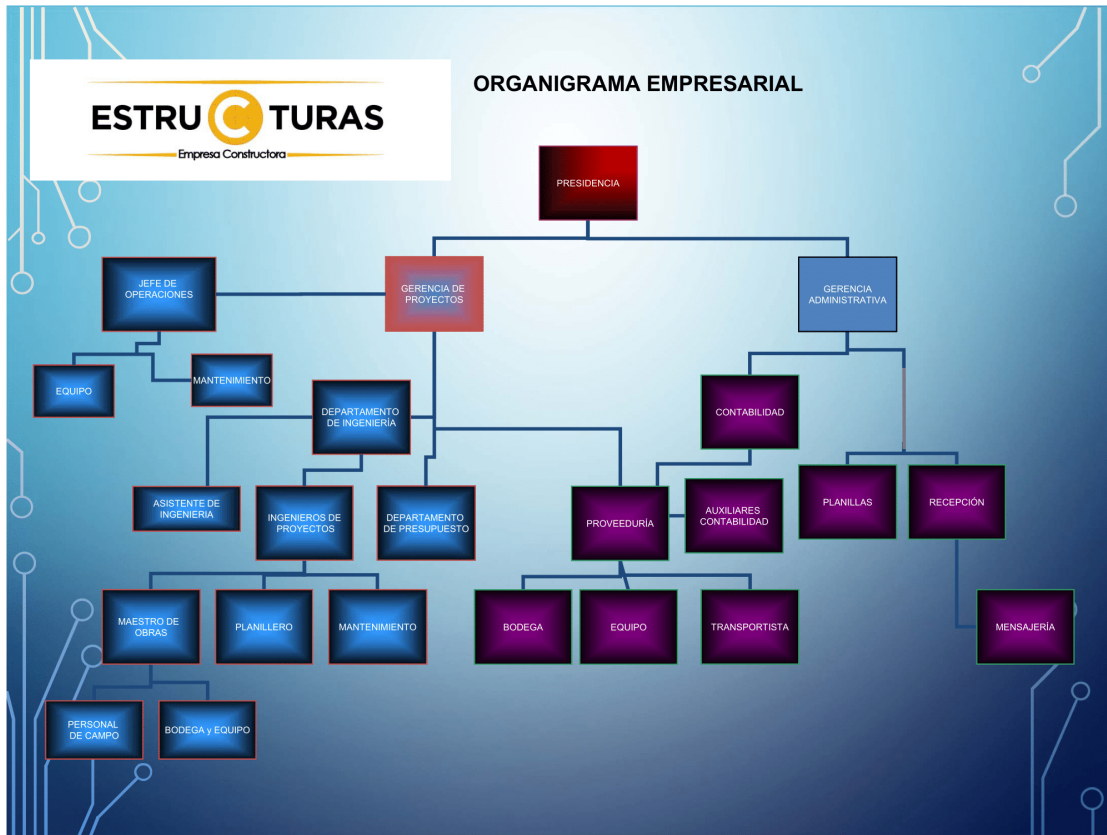
Fuente: Google Forms.

Anexos

1.	Organigrama Estructuras S.A.	175
2.	Metodología para elaborar un plan de implementación BIM	176

Anexo 1. Organigrama Estructuras S.A.

El siguiente organigrama muestra los departamentos en los que se encuentra dividida la empresa. Dicho organigrama fue el punto de partida para identificar los departamentos que iban a ser analizados para el desarrollo de este proyecto de graduación.

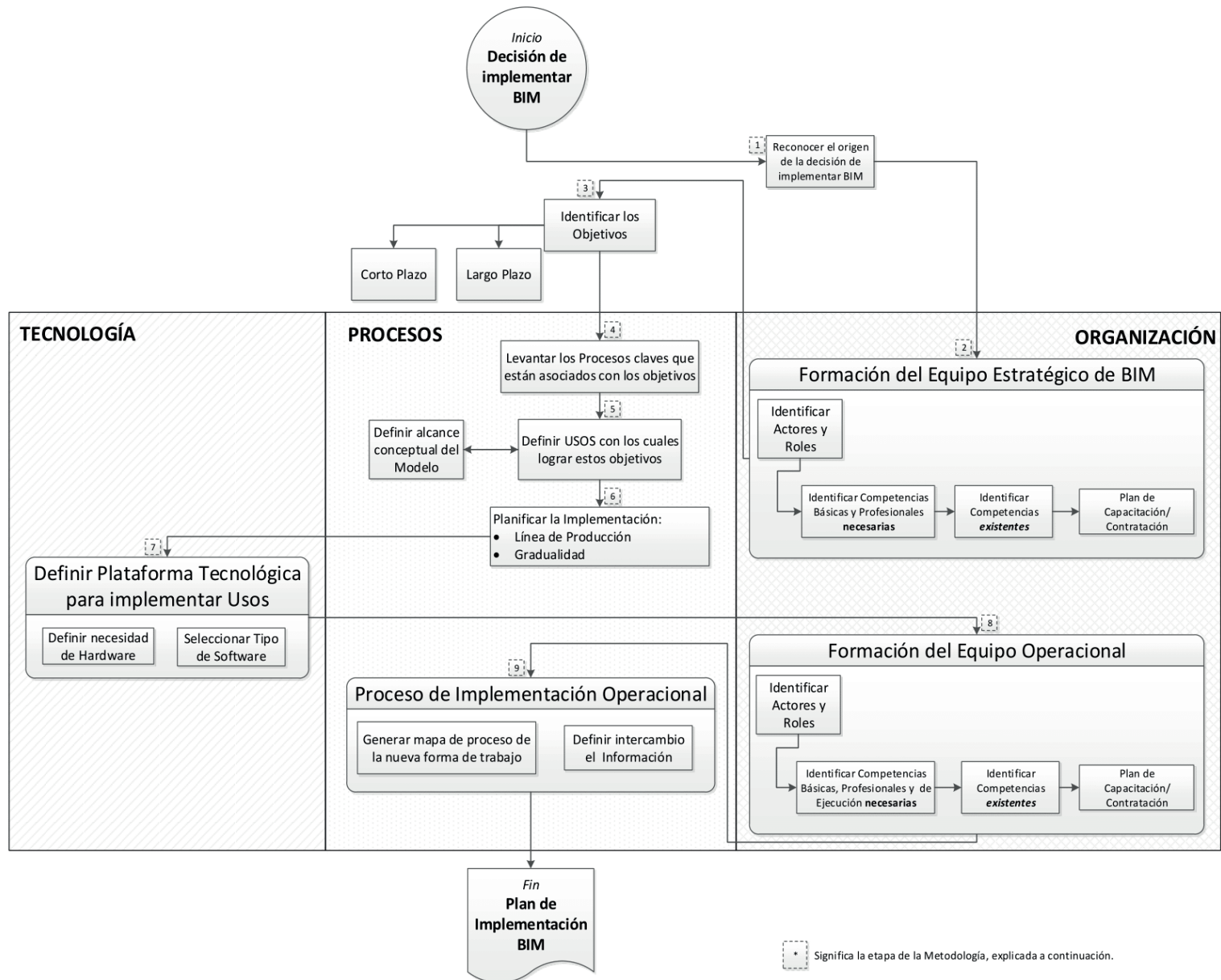


(a) Organigrama de la empresa Estructuras S.A.

Fuente: suministrado por el asistente de ingeniería de la empresa.

Anexo 2. Metodología para planificar la implementación BIM

La siguiente metodología fue la utilizada para la elaboración del Plan de Implementación BIM propuesto a la empresa constructora Estructuras S.A.



(a) Metodología para planificar la implementación interna BIM.

Fuente: (Valle, 2014).